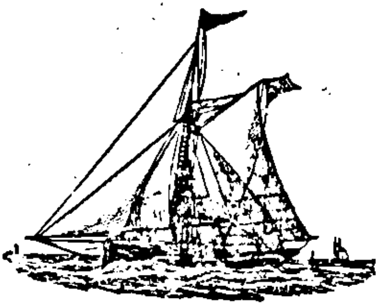
नौकानयन.



दत्तात्रय पांडुरंग भोसेकर.

किंमत १॥ रुपया.

नौकानयन.

लेखक.

दत्तात्रय पांडुरंग भोसेकर,

असिस्टंट स्टेट इंजिनियर,

पोरबंदर स्टेट.

सन १९१२.

चित्रशाळा स्टीम प्रेस, पुणें.

किंमत १॥ रुपया.

हें पुस्तक रा. रा. दत्तात्रय पांडुरंग भोसेकर,
यांनीं लिहिलें,
तें
रा. रा. शंकर नरहर जोशी यांनीं पुणें येथें
सदाशिव पेठ ८१८ चित्रशाळा स्टीम प्रेसमध्यें
छापून प्रसिद्ध केलें.

हें पुस्तक

श्रीमंत सयाजीराव महाराज गायकवाड

यांस,

ज्यांच्या ओखामंडळ प्रांतांत द्वारका सुपरवायझरचे कामावर असतां
याविषयाशीं माझा परिचय होऊन हें पुस्तक लिहिण्याची मला
बुद्धि झाली त्याचे उपकार स्मरून त्यांचे परवानगी-
शिवाय आदरपूर्वक अर्पण केलें आहे.

द. पां. भोसेकर,

ग्रंथकर्ता.

प्रस्तावना.

—०*०—

सांप्रत धंदेशिक्षणाकडे लोकांचें लक्ष्य बरेंच लागलें आहे. तसेंच व्यापारधंद्याकरितां आपले लोक समुद्रावरून परदेशीं जाऊं येऊं लागले आहेत. आपलीं जुन्या पद्धतीप्रमाणें बांधलेलीं देशी गलबतें, पोरबंदर, द्वारका, बेट, कच्छ–मांडवी वगैर बंदराहून पश्चिमेस आफ्रिकेच्या किनाऱ्यावरील केप ऑफ गुडहोप पर्यंत जातात व पूर्वेस रंगून पर्यंत जातात. त्या गलबतांवर हुशार खलाशी व मालिम, (तांडेल) असतात. ते आपले धंद्यास लागणारें होकायंत्र, बुडिद, कमान, (Sextant=वर्तुल-षष्ठांश) समुद्राचे नकाशे (चार्टस) वगैरे सर्व साहित्य वापरतात. कित्येक इंग्रेजी शिकलेले नसूनही नौकानयनावरील इंग्रेजी पुस्तकांतील नाविक कोष्टकें वगैरे वापरतात. अशा लोकांस त्यांचा धंदा शिकविणें हें इंग्रज सरकारचें, देशी संस्थानिकांचें व इंग्रेजी शिकून विद्वान् झालेल्या तज्ज्ञ लोकांचें काम आहे. देशी खलाशी लोक आपल्या धंद्यांत जितके वाकबगार होतील तितके सर्व प्रकारचे व्यापार धंद्यास उत्तेजन येईल कारण हिंदुस्थानांत तयार झालेला देशीमाल जलमार्गानें झांजीबार, नाताळ, चीन, व जपानसारख्या दूर देशीं आपल्याच गलबतांतून थोड्या खर्चांत पाठवितां येईल. इंग्रेजसरकारानें देशी खलाशांस शिकवून तयार करण्याच्या कामांत विशेष लक्ष पुरविलें नाहीं, तरी हा विषय शिकण्याचीं इंग्रेजी भाषेंत भरपूर साधनें करून ठेविलीं आहेत. इंग्लंडामध्यें हा विषय प्राथमिक शिक्षणांत सुद्धां दाखल केला आहे. परंतु हिंदु-

स्थानामध्यें तो शिकविण्याची कोठेंही सोय सरकारानें केल्याचें दिसून येत नाहीं. तरी इंग्रेज सरकारानें नौकानयनाचे धंद्यास पुष्कळ उत्तेजन दिलें आहे. इंग्रेज सरकारानें व इतर युरोपियन सरकारांनीं पृथ्वीवरील बहुतेक सर्व समुद्रांचे नकाशे (चार्टस) तयार केले आहेत. त्यांवर निरनिराळ्या ठिकाणची पाण्याची खोली, समुद्रांतील खडक दिवा-दांड्या, वगैरे सर्व दाखविलेलें असतें. इंग्रेज सरकारानें हिंदुस्थानच्या किनाऱ्यावरील मुख्य मुख्य बंदरांत व धोक्याच्या ठिकाणीं दिवा-दांड्या स्थापन केल्या आहेत. खाड्यांचीं मुखें व बंदरें सुधारलीं आहेत. कित्येक बंदरांत मोठमोठ्या गोद्या बांधल्या आहेत. भरती-ओहोटीचीं, निरनिराळ्या बंदरांत व दुसऱ्या ठिकाणीं कित्येक वर्षें मापें घेऊन पूर्ण अनुभवानें पुढें त्या त्या ठिकाणीं, प्रत्येक दिवशीं कोणत्या वेळीं किती भरती येईल त्यांचीं कोष्टकें तयार केलीं आहेत; व तीं सरकार दरवर्षीं छापून प्रसिद्ध करितें व पाहिजे त्यास विकत देतें. इंग्रेज-सरकारानें तारे पाहण्याच्या वेधशाळा, व वाऱ्याची दिशा व वेग, आणि हवेचा भार व उष्णता मापण्याच्या अवलोकनशाळा जागोजाग स्थापन केल्या आहेत;त्यांचे रोजचे रिपोर्ट सिमल्यास जातात व त्यावरून तेथून अमुक समुद्रावर अमुक बंदरीं अमुक तारखेस तुफान होईल अशा तारा येतात; व त्या त्या बंदरीं तुफानाचे बावटे दर्यावर्दी लोकांस खबर देण्याकरितां उभे करितात. दर्यावर्दी लोकांकरितां नाविक पंचांग (नॉटिकल अल्मनॉक) दरवर्षीं तयार करून तें चार चार वर्षें आगाऊ छापून प्रसिद्ध करितात. तसेंच समुद्रांवरील मोठ मोठे फेरफार, नवीन खडकाचे शोध दिवा-दांड्या बंद केल्याची व सुरू केल्याची खबर वगैरेच्या नोटिसी

सरकारी गॅझेटांतून प्रसिद्ध होतात. प्रत्येक बंदराचे अक्षांश रेखांश कायम करण्याच्या व होक्याचें चलन पाहणाऱ्या (सर्व्हे आफ इंडियाच्या पार्ट्यां) हिंदुस्थानसरकारच्या सर्व्हेच्या मंडळ्या, सर्व हिंदुस्थानभर फिरून आपलें काम शास्त्रीय रीतीनें करीत असतात. सारांश, सुधारलेल्या सरकारानें दर्यावर्दी लोकांकरितां जें जें करावयाचें तें तें सर्व इंग्रेज सरकार करीत आहे, परंतु इंग्रेजसरकारानें देशी खलाशी लोकांस नौकानयनाची कला शिकविण्याची सोय कोठेंही केलेली नाहीं. त्यामुळें आमचे खलाशी लोक केवळ अंध आहेत व अंधळ्यापुढें दिव्याचा चकचकाट काय कामाचा? तसें आमच्या खलाशांना शिकविल्याशिवाय हें सर्व ज्ञान त्यांस काय कामाचें? मुंबई बंदरांत खलाशी व मालम लोकांच्या कांहीं परीक्षा होत असतात. परंतु हा विषय शिकविण्याची सोय सरकारानें किंवा लोकांनीं केलेली कोठेंही दिसत नाहीं. बहुतेक लोक गलबतावर व आगबोटीवरून याविषयाचें थोडें बहुत ज्ञान संपादन करितात. अशा लोकांस कांहीं मदत व्हावी म्हणून कित्येक इंग्रेजी पुस्तकांच्या आधारानें ह्या विषयावर हा एक लहानसा ग्रंथ लिहिला आहे. सध्यां ह्या विषयाचें आपले लोकांत फारच अज्ञान आहे. त्यामुळें हा विषय कोणास आवडणार नाहीं, हें उघड आहे. परंतु हा विषय फार उपयोगी आहे. इंग्रज लोकांनीं या विषयाचा फार अभ्यास करून तो पूर्णतेस आणिला आहे. व्यापारास या विषयाचे अध्ययनानें फारच मदत झाली आहे. किंबहुना, जगांतील सर्व अधुनिक सुधारणेचा पाया याविषयाच्या अध्ययनावर रचला गेला आहे. असें असून आपले लोकांस याविषयाची अजून गोडी लागली

नाहीं. जलमार्गानें परदेशीं जाणें येणें आपले लोकांस स्वभावतांच फारसें आवडत नाहीं, म्हणून जलपर्यटनास कित्येक धर्मसंबंधीं अडथळेही आपले लोकांनीं घालून ठेविले आहेत.

इतिहासदृष्टीनें पाहिलें असतां मध्यएशियांतून आर्यलोक उत्तरहिंदुस्थानांत आले. तेथून दक्षिणेकडे वळले, व उत्तरेस जसा हिमालयपर्वत तसा दक्षिणेस हिंदीमहासागर ही एक हिंदुस्थानची अभेद्य सीमाच आहे असें ते मानूं लागले. जलपर्यटनाची त्यांस जरूर पडली नाहीं. त्यांचेवर मुसलमान लोकांच्या स्वाऱ्या वरचेवर जमीनीवरून होतच होत्या, व त्यांचा प्रतिकार करण्यास ते समर्थही होते. परंतु दक्षिणेंत त्यांची स्थिती इसापनीतींतील नदीकांठीं चरणाऱ्या एक–डोळ्या हरिणाप्रमाणें झाली. त्यांजवर जलमार्गानें मुसलमान लोकांनीं स्वाऱ्या केल्या नाहींत हें खरें. परंतु जलपर्यटनांत प्रवीण व नौकानयनाचा अभ्यास केलेले असे " नौसाधनोद्यत " पाश्चिमात्य युरोपियन लोक हे त्यांस नवीन शत्रू मिळाले. ते हिंदुस्थानच्या किनाऱ्यावर उतरल्यावर हिंदुलोकांनीं त्यांच्याशीं जमीनिवर पुष्कळ लढाया केल्या हें इतिहासप्रसिद्ध आहेच, परंतु हिंदुराजे–लोकांनीं युरोपियन लोकांशीं हिंदीमहासागरावर एकही पानिपतच्या लढाईसारखी मोठी लढाई केल्याचें इतिहासप्रसिद्ध नाहीं. नौकानयनांत हिंदुलोक प्रविण असते तर त्यांनीं हिंदी महासागरावर आपलें वर्चस्व स्थापिलें असतें, सिंव्हलद्वीप आपले ताब्यांत घेतलें असतें, युरोपियन लोकांच्या जलमार्गांत पुष्कळ अडथळे आणिले असते, व त्यांच्याशीं समुद्रावर लढाया करून त्यांचे पाय हिंदुस्थानच्या किनाऱ्यांस लागूं दिले नसते. छत्रपति शिवाजीमहाराज

यांनीं आरमार तयार केलें होतें, व त्यांनीं जलमार्गानें मलबार किनाऱ्यावर स्वारी केली होती. आंग्रे, धुळिप वगैरे मराठे सरदार समुद्रकांठीं आरमार राखीत होते व पेंढाऱ्याप्रमाणें, पेशवाईत कांहीं चांचेलोकही, समुद्रकिनाऱ्यावर युरोपियन लोकांच्या जहाजास कांहींसा उपद्रव देत असत. परंतु छत्रपति शिवाजीमहाराजांनीं घालून दिलेला क्रम पेशव्यांनीं पुढें अबाधित चालविला नाहीं; आंग्र्यासारख्या सरदारांच्या मदतीनें आरमार वाढविलें नाहीं; व परदेशांशीं व्यापारही आपल्या लोकांनीं सुरू केला नाहीं ही मोठ्या दुःखाची गोष्ट आहे. पेशवाईत नानाफडणविसाचे वेळीं इंग्रजांचा रेसिडेंट पुण्यास राहिला त्यावेळीं पेशव्यांचाही वकील विलायतेंत असावा अशी एक कल्पना निघाली होती पण साधनांच्या अभावामुळें ती लयास गेली हें उघड आहे. असो; आतां ते दिवस गेले. सध्या व्यापाराच्या चढाओढीचे दिवस आले आहेत. हिंदीमहासागर हिंदुस्थानची दक्षिणेकडील अभेद्य सीमा नसोन तो आतां व्यापाराचा हामरस्ता झाला आहे. मुसलमान लोक आपले बंधु झाले आहेत व इंग्रेज लोक आपले राजे झाले आहेत. इंग्रेज लोकांनीं पुष्कळ नवीन गोष्टी आपल्या लोकांस शिकविल्या व शिकवीत आहेत, परंतु ते ज्या गोष्टी आपणांस शिकवीत नाहींत त्या आपण नम्र होऊन शिष्यत्वाच्या नात्यानें त्यांचे पासून शिकून घेतल्या पाहिजेत. नौकानयनकला ही एक त्यांतलीच गोष्ट होय. आम्हांस त्यांनीं शब्दशास्त्रें पुष्कळ शिकविलीं त्यांचा आमचे लोकांस आतां वीट येत चालला आहे. देशाची सुधारणा सर्वतोमुखीं (सर्व दिशांनीं) झाली पाहिजे. लोकांस कांहीं नवीन उपयुक्त

ज्ञान मिळालें पाहिजे. हल्लीं जसें पुष्कळ कायदेपंडित तयार होतात तसे इतर धंदेपंडितही पुष्कळ तयार झाले पाहिजेत. देशांत सर्व धंद्यांत वाकबगार लोक निपजले पाहिजेत. आपल्यामध्यें काय उणीव आहे हें आपले पुढारी लोकांनीं ओळखिलें पाहिजे, व ती उणीव भरून काढण्याचा मुख्य प्रयत्न केला पाहिजे. भूगोलाचें पुरें ज्ञान, तसेंच सृष्टपदार्थविज्ञान, यंत्रशास्त्र, रसायनशास्त्र वगैरे अधुनिक शास्त्रांच्या ज्ञानाची आपले लोकांत मुख्य उणीव आहे. पैकीं सृष्टपदार्थविज्ञानाचा व यंत्रशास्त्राचा अभ्यास इंग्रजी भाषेंतून आपल्यापैकीं बरेच लोक करूं लागले आहेत, परंतु नौकानयनकला कोठेंही जाहिर रीतीनें इंग्रजींतून अथवा देशीभाषेंतून हिंदुस्थानांत शिकविली जात नाहीं. ही उणीव आपल्या मधून काढून टाकली पाहिजे. हिंदुस्थानांतील सरकारी विश्वविद्यालयांतून जसें दरसाल हिंदुस्तानचे शेंकडो लोक इतर विद्या शिकून पदवीधर होतात तसें ते नौकानयनांतही तयार झाले असते. स्वतः गलबतें अगर आगबोटी चालवून समुद्रवलयांकित पृथ्वीची प्रदक्षिणा करून जे लोक अमुक दिवसांत परत निघाल्या बंदरीं येतील त्यांस सुवर्णपदकें बक्षीस द्यावयाचीं, त्यांचा बहुमान करावयाचा, असा कांहीं क्रम पहिल्यापासून इंग्रेज सरकारांनीं ठेविला असता तर आपणांत आज कित्येक व्यापारी व खलाशी लोक पृथ्वीप्रदक्षिणा करून आलेले व नौकानयनाचें कामांत वाकबगार झालेले आढळून आले असते. आपले संस्थानिकांनींही इंग्रजसरकाराचें अनुकरण करून पुष्कळ लोकांस नौकानयनाचा अभ्यास करण्यास उत्तेजन दिलें असतें. हल्लीं आपल्या आगगाड्या नसतांही कोठें कोठें हिंदुलोक मालगा-

डीचे गार्ड झालेले आढळतात, परंतु आगबोटीवर एकही हिंदु कपतान आढळत नाहीं. आपले मुसलमान बंधु ह्या कामांत बरेच पुढें गेले आहेत. त्यांनीं कंपन्या करून स्वतःच्या आगबोटी ठेविल्या आहेत व त्यावर मुसलमानकप्तानही नौकानयन शिकून तयार झालेले आढळून येतात. शब्दशास्त्रांमध्ये जरी मुसलमानलोक फारसे वाकबगार नाहींत व संख्येच्या व संपत्तीच्या मानानें त्यांच्यामध्यें पदवीधर कमी असतील तरी व्यापारांत व नौकानयनाचें कामांत ते हिंदूंच्या पुढें गेले आहेत, हें त्यांस फार भूषणावह आहे. असो. हिंदु व्यापाऱ्यांनीं स्वतःच्या आगबोटी ठेविल्या तर त्यांनांही हिंदुकप्तान तयार करितां येतील हें उघड आहे. हिंदु लोक या कामांत फार मागें पडले आहेत हें निर्विवाद आहे.*

---

* हिंदु लोक धर्मभोळे व अल्पसंतोषी आहेत. या गोष्टीचा फायदा घेऊन त्यांस तसेंच ठेवावें ह्या हेतूनें मिशनरीलोक हिंदुलोकांस ख्रिश्चनधर्म शिकविण्यास हिंदुस्थानांत आले; मुक्तिफौजवाले आले. त्यांची फारशी डाळ शिजली नाहीं असें पाहून शेवटीं शेवटीं हिंदुधर्मच हिंदूंस शिकविण्यास थिआसफिस्ट यूरोपातून हिंदुस्थानांत आले व बनारससारख्या हिंदुविद्यापीठांत हिंदुधर्माचीं गूढतत्वें हिंदूस शिकवूं लागले आहेत, परंतु पाश्चिमात्य देशांतील आधुनिक शास्त्रें व कला आम्हांस शिकविण्यास व जपानासारखी आमच्या देशाची सर्व दिशांनीं सुधारणा करण्यास यूरोपांतून आम्हांस औद्योगिकशिक्षण देणारीं मिशनें इकडे येत नाहींत, यांतील इंगीत काय असावें हें आमच्या पुढारी लोकांनीं ताडिलें पाहिजे. वास्तविक पाहतां हिंदुलोकांसारखे खरे धार्मिकलोक जगांत दुसरे कोणी नसतील व धर्मतत्वांचा उपदेश हिंदुलोकांनी जगांतील इतर लोकांस करावा अशी हिंदुलोकांची योग्यता आहे. परंतु आधुनिक आधिभौतिक शास्त्रांमध्यें हिंदुलोकांनीं पाश्चिमात्य युरोपियन राष्ट्रांचे शिष्यत्व पतकरावें इतकें सध्यां ते

आतां पौराणिक दृष्टीनें पाहिलें असतां श्रीरामचंद्रजी रावणाचा पराभव करण्या कारितां लंकेंत गेले होते. तेही नौकांतून बसून जलमार्गानें गेले नाहींत; तर त्यांनीं आपलें वानरदल समुद्र पार नेण्यास सेतू बांधिला; ही कथा पुराण प्रसिद्ध आहे व सेतुबंधरामेश्वराजवळ सेतूच्या अझून कांहीं खुणा आहेत असें म्हणतात. असो; या सर्व गोष्टींवरून हिंदु लोकांस जलपर्यटन निसर्गतः आवडत नाहीं असें दिसून येईल. तरी द्वीपांतरीं हिंदु लोकांच्या वसाहती सांपडतात. जावा बेटांच्या पूर्वेस बाली आयलंड मध्यें हिंदु लोकांच्या जुन्या वसाहती आहेत. व तेथील लोक द्वारकेस श्रीद्वारकानाथाचे दर्शनास येतात. याव कारितां हिंदु लोक जलमार्गानें जातात; व नोकऱ्यां करितां व व्यापारा करितां आणि उद्योगधंद्याकरितां पुष्कळ लोकांस सांप्रत जलमार्गानें आफ्रि-

---

(मागील पृष्ठावरून पुढें चालू.)

मार्गे आहेत. असें असून आमचा धर्म आम्हांस शिकविण्यास व आम्हांस धर्म भोळे व अल्पसंतोषी ठेवण्याच्या परोपकार बुद्धीनें व भूतदयेनें प्रेरित होऊन युरोपियन लोकांच्या मंडळ्या व फौजा हिंदुस्थानांत येतात व आमच्याच लोकांच्या मदतीनें धर्मविद्यापीठें, बनारससारख्या पवित्र क्षेत्रीं स्थापन करितात; परंतु आम्हांस आधुनिक आधिभौतिक शास्त्रें शिकवून महत्वाकांक्षी, व्यापारी, व्यावहारिक व संपन्न करण्याकरितां मुंबईसारख्या व्यापारी शहरांत एकही औद्योगिकशिक्षण देणारें मिशन युरोपांतून अजून येत नाहीं ह्याचें कारण काय असावें बरें ? हिंदुस्थानचे लोकांस गरीब स्थितींतून काढणें व त्यांस व्यापारधंदे शिकवून किंचित सधन करून दुष्काळाच्या कचाट्यांतून सोडविणें ही भूतदया नव्हे काय ? असो. युरोपियन लोक आम्हांस शिकविण्यास आले, किंवा आमचे लोक युरोपांत कला शिकण्यास किंवा धर्म शिकविण्यास गेले, तरी दोघांस नौकानयनाची जरूरी आहे.

केसही जावें लागतें. यावरून हिंदु लोकांस सध्या जलपर्यटनाची जरूर आहे; व परद्वीपांतील हिंदु लोकांच्या जुन्या वसाहतीं वरून फार पूर्वी त्यांनांही नौकानयनकला माहित होती असें दिसतें. हिंदुस्थान देशाची जपानासारखी व्यापाराचे कामांत सर्व तऱ्हेनें सुधारणा झाली पाहिजे; असें आपले पुढाऱ्यांस वाटत असेल तर नौकानयन याविषयाच्या अध्ययनाची हिंदुस्थानांतील लोकांस जरूर आहे असें त्यांच्या लक्षांत येईल; व मुंबईसारख्या चांगल्या चांगल्या बंदरीं हा विषय शिकविण्याची कांहीं तरी ते सोय करतील किंवा सरकारकडून करवितील अशी आशा आहे. हा विषय पुरा शिकणें असल्यास पुस्तकावरून शिकून संपादन केलेल्या ज्ञानाचा अनुभव गलबतावर घेतला पाहिजे व कसलेल्या खलाशाबरोबर समुद्रावर सफरी केल्या पाहिजेत. साधारण लहान गलबतें व आगबोटी वर्षांतून आठ महिने समुद्रावर सफरी करून पावसाळ्यांत चार महिने कोठें तरी बंदर करून राहतात. याचार महिन्यांत मोठ मोठ्या बंदरीं मालिम लोकांस त्यांचा धंदा शास्त्रीय रितीनें शिकविण्याची सोय केल्यास त्यांचेवर किती उपकार होतील बरें? असो. नौकानयन या विषयाकडे आपल्या विद्वान व पुढारी लोकांचें लक्ष जाईल व हिंदुस्थानांतील प्रत्येक चांगल्या व मोठ्या बंदरांत हा विषय शिकविण्याची सोय होईल तेव्हां हिंदुस्थानाचें भाग्य उदयास आलें असें समजावयाचें. तोंपर्यंत याविषयाची चर्चा वर्तमान पत्रें व मासिक पुस्तकें यांतूनच होणें योग्य आहे. म्हणून हा विषय स्वतंत्र पुस्तकरूपानें छापून प्रसिद्ध न करतां ग्रंथमालेच्या द्वारें विद्वान् लोकांपुढें ठेविला आहे. तो त्यांस पसंत पडल्यास तो कोणत्या रितीनें देशी

खलाशी लोकांस शिकवावा व शिकविण्यास काय काय साधनें लागतील याबद्दल विशेष सूचना करण्यांत येतील.

अलीकडे श्रीमंत गायकवाड सरकार—

यांचें याविषयाकडे बरेंच लक्ष लागलें आहे. त्यांनीं आपलीं काठेवाडांतील कांहीं बंदरें सुधारण्याचा प्रयत्न चालविला आहे; शिक्षणक्रमांतही त्यांचे राज्यांत पुष्कळ सुधारणा झाल्या आहेत, व होत आहेत. त्यांनीं हा विषय आपले संस्थानांतील खलाशी लोकांस शिकविण्याचें मनांत आणल्यास सहज होण्यासारखें आहे.

असो, या विषयाची योग्यता, आपले लोकांत त्याचें अज्ञान व हयगय, व तो शिकविण्याची जरूरी या संबंधीं वर विवेचन केलें. आतां या पुस्तकांतील अंतर रचनेचा विचार करूं व विद्यार्थ्यांशिवाय इतर साधारण वाचकांस हें पुस्तक कितपत उपयोगी व मनोरंजक होईल तें पाहूं.

ह्याच्य पहिल्या भागांत, नौकानयनाची व्याख्या देऊन खलाशांस लागणाऱ्या साधनांचें थोडक्यांत वर्णन केलें आहे, व नौकानयन आणि नाविक ज्योतिष यांच्या मधील भेद दाखविला आहे. या भागांत लागर्थमानें गणित करण्याची रीति सविस्तर सांगितली आहे. ती साधारण वाचकांस लागर्थम् शिकण्यास फार उपयोगीं पडेल. लागर्थमांची कोष्टकें मराठी भाषेतून छापून प्रसिद्ध झालेलीं आहेत, परंतु तीं आलीकडे दुर्मिळ झालीं आहेत. तीं फिरून छापून काढल्यास सर्व लोकांस फार उपयोगीं होतील व लागर्थमानें गणित करण्याचा प्रघात सुरू होईल. या भागांत पुढें भूगोलसंबंधीं व्याख्य

देऊन शेवटीं लागर्थमाच्या कोष्टकांचा उपयोग करण्याचे विशेष नियम दिले आहेत, व या भागांतील उदाहरणें करितां यावींत म्हणून कांहीं संख्यांचे लागर्थम् दिले आहेत.

दुसऱ्या भागांत होकायंत्राचें वर्णन केलें आहे. त्यांतही साधारण वाचकांस लोहचुंबकासंबंधीं व होक्यासंबंधीं पुष्कळ उपयुक्त माहिती मिळेल.

तिसरा, चवथा व पांचवा हे भाग विद्यार्थ्यांस फार उपयोगीं आहेत. यांतही उपयुक्त माहिती पुष्कळ आहे.

सहाव्या भागांत त्रिकोनमितींतील व्याख्या दिल्या आहेत.

सातव्या भागांत ट्राव्हर्स कोष्टकांचें वर्णन केलें आहे. व ट्राव्हर्स सरव्हेच्या रीतीनें गलबताचें समुद्रावरील ठिकाण वरचेवर कसें काढितात तें दाखविलें आहे. यांत पृथ्वीचा पृष्ठभाग सपाट पातळी आहे असें मानिलें आहे. हा भाग सरव्हे जाणणाऱ्या लोकांस लवकर समजण्यासारखा आहे.

आठव्या भागांत गलबतावरील रोजनिशी कशी लिहावी तें सांगितलें आहे. ह्या रोजनिशीवरून रोज गलबत कोठें आलें व पुढें तें कोणत्या दिशेनें किती लांब न्यावयाचें हें समजतें. रोजनिशी बरोबर ठेवणें हें मालमाचें मुख्य काम आहे.

नवव्या भागांत पृथ्वीचा पृष्ठभाग गोल आहे असें मानून विषुवसमांतर, म्हणजे एकाच अक्षांशवृत्तावर थेट पूर्व किंवा पश्चिम दिशेनें, गलबत चालविलें असतां त्याचे रेखांश कसे काढावे हें दाखविलें आहे. ह्यावरून रेखांशाच्या प्रत्येक अंशाची लांबी, मैलांनीं मापिली तर, ध्रुवा-

कडे कशी कमी कमी होत जाते तें कळतें; व रेखांशाच्या प्रत्येक अंशाची निरनिराळ्या अक्षांशावरील लांबी काढितां येते. ह्या भागांत गोलावरील वर्तुलांच्या व्याख्या दिल्या आहेत. गणितज्ञांस हा भाग मनोरंजक होण्यासारखा आहे.

दहावा भागही असाच मनोरंजक आहे.

अकराव्या भागांत मरकेटरचे मताप्रमाणें पृथ्वीचा नकाशा कसा काढितात तें सांगितलें आहे. सर्व पृथ्वीचा एका कागदावर काढलेला लंब चौरस नकाशा पुष्कळांनीं पाहिला असेल. परंतु पृथ्वीचा आकार गोल असतां, हा लंब चौरस नकाशा कोणत्या आधारानें काढितात, त्यावरील याम्योत्तर वृत्तें ध्रुवाशीं एकेठिकाणीं कां मिळत नाहींत व अक्षांशवृत्तें भूमध्य वृत्तांशीं समांतर असतात परंतु एकमेकांपासून ध्रुवाकडे वाढत्या अंतरावर कां काढितात, हें थोड्यानांच माहित असतें. ह्याचें सविस्तर वर्णन याभागांत केलें आहे. तें पुष्कळांनां उपयुक्त व मनोरंजक वाटेल. खलाशी लोकांस उपयोगी पडणारे समुद्राचे नकाशे (चार्टस्) या मरकेटरच्या मताप्रमाणें काढिलेले असतात व ते खलाशी लोकांस वापरण्यास फार सोयीचे असतात.

बाराव्या भागांत बृहद्वर्तुल नौकागमनमार्गाचा उपयोग कां करावा हें थोडक्यांत सांगितलें आहे. तें साधारण वाचकांस कळण्यासारखें आहे व गलबतें चालविण्याच्या कामांत शास्त्रोक्तरीतीचा उपयोग केल्यानें कसा फायदा करून घेतां येतो हें हा भाग वांचल्यानें कळण्या सारखें आहे.

तेरावा व चवदावा हे भाग विद्यार्थ्यांच्या उपयोगीं आहेत. साधा-

रण वाचकांस ते फारसे मनोरंजक होणार नाहींत. तरी गणितज्ञास ते मनोरंजक वाटतील.

पंधरावा भाग समुद्राच्या भरतीओहोटीवर लिहिलेला आहे तो साधारण वाचकांसही फार उपयुक्त व कळण्यासारखा आहे. स्थानिक कारणामुळें समुद्राचे किनाऱ्यावरील निरनिराळ्या ठिकाणीं भरतीओहोटींत कसे फेरफार होतात, हें हा भाग वाचल्यानें समजेल. यांत भरतीओहोटीसंबंधानें इतरही पुष्कळ उपयुक्त माहिती दिली आहे. कित्येक मोठमोठ्या नद्यांच्या मुखांतून भरतीचा लोंढा वर कसा जातो त्याचें वर्णन दिलें आहे. हा भागही साधारण वाचकांस फार उपयोगी व मनोरंजक आहे.

सोळाव्या भागांत नाविक ज्योतिष म्हणजे ज्योतिःशास्त्राचा नौकानयनाकडे कसा उपयोग करून घेतात तें सांगितलें आहे. हा भाग या पुस्तकाच्या मानानें कांहींसा विस्तृत लिहिला गेला आहे. याचे चार विभाग केले आहेत. पहिल्या विभागांत ज्योतिःशास्त्रांतील व्याख्या सांगितल्या आहेत. दुसऱ्यांत चंद्रसूर्यादिकांचे (नाविक) वेध घेण्याच्या यंत्रसाधनांचें वर्णन केलें आहे. तिसऱ्यांत तारादिकांच्या वेधावरून गलबताचे अक्षांश काढण्याच्या व चवथ्यांत, त्यांचे वेधावरून गलबताचे रेखांश काढण्याच्या सोपपत्तिक रीती सांगितल्या आहेत. ज्योतिःशास्त्रज्ञांस हा भाग फार मनोवेधक होणारा आहे, यांत नक्षत्रांमधील, घडोघडीं बदलणाऱ्या चंद्राच्या स्थितीचा गलबताचे रेखांश काढण्याकडे कसा चमत्कारिक रीतीनें उपयोग करून घेतात हें पाहून आश्चर्य वाटण्यासारखें आहे. ज्योतिःशास्त्रासारख्या गहन व

स्वतंत्र शास्त्राचा, व्यवहारज्ञ लोक व्यापाराकडे कसा उपयोग करून घेतात हें शिकण्यासारखें आहे. प्राचीन लोक नौकानयनांत ज्योतिः शास्त्राचाच फार उपयोग करीत असत व अजूनही आपले खलाशी लोक या शास्त्राचाच या कामी फार उपयोग करितात असें दिसतें, म्हणूनच हा भाग जरा विस्तृत लिहिला आहे तरी त्यांत पुष्कळ गोष्टी अपुऱ्या राहिल्या आहेत.

येथेंही आपले पुढारी लोकांस एक विनंति करावयाची आहे, ती ही कीं, हल्लीं आपलें व्यावहारिक पंचांग सुधारण्याकरितां एक पंचांग कमेटी (मंडळी) स्थापन झाली आहे, तशी एक कायमची पंचांग कमेटी स्थापन होऊन तिनें सरकारच्या परवानगीनें, सरकारी वेध शाळांचा लाभ घेऊन, (नाटिकल आल्मानाक) नाविक पंचांगाच्या खरेपणाबद्दलची खात्री करून घेऊन त्या पंचांगाची दरवर्षीं देशीभाषेंत एक आवृत्ति काढावी. नाविक पंचांग चारवर्षें आगाऊ छापून प्रसिद्ध होतें त्यामुळें त्याची देशीभाषेंत आवृत्ति काढण्यास अवकाशही पुष्कळ असतो. अशी नाविक पंचांगाची आवृत्ति निघाल्यास ती आपले खलाशी व ज्योतिषी लोकांस फार उपयोगीं पडेल. याप्रमाणें आपल्या अज्ञान खलाशांस उपयुक्त ज्ञान देऊन त्यांची सुधारणा करण्याचे पुष्कळ मार्ग आहेत.

या पुस्तकाबरोबर नाविक कोष्टकांचें एक निराळें पुस्तक प्रसिद्ध केलें पाहिजे होतें. परंतु इंग्रजी आंकडे शिकविले तर, इंग्रजी भाषेंतून प्रसिद्ध झालेली नाविक कोष्टकांचीं पुस्तकें आपले खलाशांस लवकरच वापरतां येतात. मुख्य कोष्टकांचा कसा उपयोग करावा हें

थोडक्यांत या पुस्तकांत सांगितलें आहे. जशी जरूर पडेल तशीं पुस्तकें-ही तयार होतील.

या पुस्तकांत दोष पुष्कळ राहिले आहेत. साधारण विचारही सरळभाषेनें व्यक्त कारितां आले नाहींत याबद्दल फार खेद होतो. तरी विद्वान् लोक यांतील दोष सुधारण्याचे मार्ग दाखवितील तर त्यांचे मजवर फार उपकार होतील.

असो, या पुस्तकावर विद्वान् लोकांचे चांगले अभिप्राय पडल्यास व राजाश्रय किंवा लोकाश्रय मिळाल्यास त्याची गुजराथी भाषेंत एक आवृत्ति काढण्याचा विचार आहे.

मु० द्वारका प्रांत काठेवाड
ता. ३० जून १९०६

दत्तात्रय पांडुरंग भोसेकर
ओव्हरसियर
बडोदे पब्लिक वर्क खाते । निसबत गायकवाडसरकार.

नौकानयन.

—:*:—

या पुस्तकांतील पारिभाषिक शब्दांची यादी.

नौकानयन या विषयावर मराठींत प्रसिद्ध झालेलें एकही पुस्तक पहावयास न मिळाल्यामुळें कित्येक इंग्रजी शब्दांस मराठी अगर संस्कृत अपरिचित शब्द या पुस्तकांत घालावे लागले आहेत. पोरबंदर, द्वारका, बेट व कच्छ-मांडवी इकडील खलाशी नौकानयनांत जे शब्द वापरतात ते शास्त्रीय नसल्यामुळें विद्वान् लोकांस पसंत पडावयाचे नाहींत म्हणून तसे शब्द या पुस्तकांत घातले नाहींत, तरी ते या यादींत दाखल केले आहेत. ते फारच थोडे आहेत. मुंबई, रत्नागिरी, चिपळूण वगैरे बंदरांतील खलाशी, तांडेल व नाखवे या यादींतील शब्दांस कोणते शब्द वापरतात त्याचा शोध करून कोणीं मजला खालील पत्त्यावर कळविल्यास त्यांचे मजवर फार उपकार होतील व त्या शब्दांचा ह्या ग्रंथाची दुसरी आवृत्ति छापण्याचा प्रसंग आल्यास त्यांत उपयोग करितां येईल.

मूळ इंग्रजी शब्द.	पारिभाषिक शब्द.	खलाशी लोकांचे शब्द.
Navigation	नौकानयन	मालमी विद्या
Logarithm	घातांकगणित	———
Latitude	अक्षांश	अरज
Longitude	रेखांश	तूल (तूळ)
Course	गमनमार्ग	मुजरो
Horizon	क्षितिज	सीम (काळीधार)
Rhumb Line	(ऱ्हंब लाईन)	———

Distance	अंतर	मुसाद
Nautical Mile	नाविकमैल	दकीका
Compass	होकायंत्र	होका
Card	गंजीफ दिशाचक्र	———
Degree	अंश	दरजा
Agon	(चलन शून्य रेषा) शून्यकोनरेषा किंवा कोनशून्यरेषा	चलनशून्यरेषा
Isogonic Line	समचलनरेषा किंवा समकोनरेषा	———
Point	दिग्बिंदू	खंड
Lubberline	(लबरलाइन)	निशाणी
Binnacle	होक्याची पेटी	———
Dip	कल	
Dip of Horizon	क्षितिजनति. क्षितिजाचा कल	———
Variation	चलन	
Deviation	विचलन	
Azimuth compass	दिगंतरमापक होकायंत्र	होका
Amplitude	आग्रा	———
Leeway	निवाऱ्याकडील कोन विमार्ग-गमन-कोन आडमार्गानें जाण्याचा कोन	भारे
Taffrail	गलबताच्या मागील (सुकाणूजवळच्या) भागावरील तक्तपोशी.	कठोडो छतेडी
Aft Wind	पाठचा वारा	पुठेरोपवन
Difference of Latitude	अक्षांशांतर अक्षांतर	———

Difference of Longitude	रेखांशांतर	——
Middle Latitude	मध्याक्षांश	——
Co-Mid Latitude	को-मध्याक्षांश पूरक मध्याक्षांश	——
Log or Log-ship	पाटली	फळी
Sand Glass	घडी	घडी
Patent log	[पेटन्ट लॉग]	——
Suppliment	भरतीचा कोन	——
Complement	पूरककोन	
Sine	भुजज्या	
Cosine	को-भुजज्या	
Tangent	स्पर्शरेषा	
Co-tangent ...	को-स्पर्शरेषा	
Secant	छेदनरेषा	
Co-secant ...	को-छेदनरेषा	
Versedsine ...	शर	
Suversedsine	[——]	——
Plane sailing	सरळपातळी नौकागमन ...	——
Traverse sailing	सरलैकरेषा नौकागमन	——
Traverse Tables	(ट्रान्व्हर्स टेबल्स)	नेऊद
Departure	मध्यान्हवृत्तांतर	
Equator	विषुववृत्त, भूमध्यरेषा	खत
Log-book or sea Journal	गलबतावरील रोजनिशी अथवा रोजनामा	——
Dead Reck oning	पृथ्वीवरील मापें पार्थिव मापें	——
Departure-course	प्रस्थानगमनमार्ग	——
Prallel sailing	समांतर नौकागमन भूमध्यवृत्तसमांतर नौका॰ विषुववृत्तसमांतर नौका॰	
Sphere	गोल	

Great circle	मोठें वर्तुल, बृहद्वर्तुल.
Small circle	लहान वर्तुल, लघु वर्तुल.
Tropic of cancer	कर्कवृत्त
Tropic of capricorn	मकरवृत्त
Arctic circle	उत्तरध्रुववृत्त
Antarctic circle	दक्षिणध्रुववृत्त
Formula	सरणी, संक्षिप्तरीति
Middle latitude sailing	मध्याक्षांश नौकागम.
Meridional parts	मध्यान्हवृत्ताचे वाढविलेले भाग
Spring tide	उधाणाचें पाणी
Neap tide	भांगाचे पाणी
Stand	समा
Nautical Astronomy	नाविक ज्योतिष
Quadrant	तुरीययंत्र
Sextant	षष्ठांशयंत्र
Tropics	क्रांतिसीमा
Equinoctial	विषुवच्चक्र
Ecliptic	क्रांतिवृत्त
Visible horizon	दृश्य क्षितिज
Sensible Horizon	स्पर्शक्षितिज
Rational Horizon	भूमध्यक्षितिज
Vertical or Azimuth-circles	लंबवृत्तें
Prime Vertical	मुख्य लंबवृत्त
Equinoxes	संपात बिंदु
Vernal Equinox	वसंत संपात किंवा मेषसंपात

Autumnal Equinox	शरत्संपात
Solstices	अयनांताबिंदु, मुख्य संक्रमणबिंदु
Declination ...	क्रांन्ति
First Point of Aries	मेषसंपात किंवा वसंतसंपात
Right Ascension	विषुवांश
Refraction	वक्रीभवन
Parallax	लंबन
Mean sun	मध्यमरवि
Apparent Sun	दृश्यरवि
Mean time	मध्यम काळ किंवा वेळ
Apparent time	स्पष्ट काल
Equation of time	कालसमीकरण किंवा कालभेद
Vernier ...	सूक्ष्म भागदर्शक पट्टी (सूक्ष्म विभागदर्शक पट्टी)
Index glass	कोनदर्शक आरसा
Horizon glass	क्षितिज दर्शक आरसा
Chronometer	सूक्ष्म कालदर्शक घड्याळ (नियत कालदर्शक घड्याळ,)
Artificial Horizon	कृत्रिम क्षितिज
Zenith	खस्वस्तिक
Nadir	अधःस्वास्तिक
Local time	निजकाल
Hour Angle	तास कोन
Adjustment	बरोबर लावणें

मुक्काम पोरबंदर, प्रांत काठेवाड;
ता. ३० सप्टंबर सन १९१२.

दत्तात्रय पांडुरंग भोसेकर,
असिस्टंट इंजिनियर पोरबंदर संस्थान.

नौकानयन.

विषयक्रम.

विषय.	पृष्ठ.
भाग १ ला.—	१–६४
व्याख्या.	३
लागरथम्.	१०
लागरथमाचे विशेष नियम.	२१
लागरथमाचीं कोष्टकें.	२५
भाग २ रा.	६५–९०
होकायंत्र.	६५
बिन्याकल (होक्याची पेटी.)	७३
होक्याचें चलन.	७५
होक्याचें विचलन.	७८
दिगंतर मापक होकायंत्र.	८२
भाग ३ रा.	९१–१०७
निवाऱ्याकडील कोन.	९१
भाग ४ था.	१०८–११५
अक्षांशांतर.	१०८
रेखांशांतर.	१०९
मध्याक्षांश.	११२

भाग ५ वा.— १११६–१२५

नाविक अंतर. ११६

पाटली (फळी) ११७

पेटेन्ट लाग. १२१

भाग ६ वा.— १२६–१३२

त्रिकोणमितींतील व्याख्या (प्रमाणें) १२६

त्रिकोण मितींतील व्याख्यांचे स्पष्टीकरण. १३१

भाग ७ वा.— १३३–१७३

सरळपातळी नौकागमन. १३३

अक्षांशांतर व रेखांशांतर काढण्याचे नियम. १३७

गमनमार्ग (Course) काढण्याचे नियम. १४२

सरलैक रेषा नौकागमन. १४८

ट्रॅव्हर्स कोष्टकें. १४८

भाग ८ वा.— १७४–१८६

गलबतांवरील रोजनिशी. १७४

प्रस्थान गमनमार्ग. १७६

प्रवाह गमनमार्ग. १७८

रोजनिशीचा नमुना. १७९

भाग ९ वा.— १८७–१९६

भूमध्यसमांतर नौकागमन. १८७

गोलावरील वर्तुळासंबंधीं व्याख्या. १८८

समांतर नौकागमन सरणी. १८९

भाग १० वा.— १९७–२१३

मध्याक्षांश नौकागमन. १९७

मध्याक्षांश नौकागमन समीकरण (सरणी) १९९

भाग ११ वा.— २१४–२३३

मरकाटरचें नौकागमन. २१४

मरकाटरचे मतानें काढिलेला पृथ्वीचा चौरस नकाशा २१८

भाग १२ वा.— २३४–२३७

बृहद्वर्तुल नौकागमन. २३४

भाग १३ वा.— २३८–२४४

प्रवाह नौकागमन. २३८

भाग १४ वा.— २४५–२४७

कोन मापून गलबताचें ठिकाण काढणें.... .... २४५

भाग १५ वा.— २४८–२६१

भरती-ओहोटी. २४८

भाग १६ वा.—नाविक ज्योतिष. २६२–३३३

विभाग १ ला. २६३–२७३

नाविक ज्योतिषांतील व्याख्या..... .... २६३

व्याख्यांचें स्पष्टीकरण. २६९

विभाग २ रा.— २७४–२९३

यंत्र साधनें व नाविक पंचांग कमान (सेक्सटंट) २७४

कृत्रिम क्षितिज. २८२

क्रनामिटर (नियत कालदर्शक घड्याळ.) २८६

नाटिकल अलमनाक (नाविक पंचांग.).... .... २९०

विभाग ३ रा.— २९४–३१६
अक्षांश काढण्याच्या रीति. २९४
क्षितिजाचा कल (क्षितिज नति) ३०४
व्यासार्ध. ३०७
वक्रीभवन. ३०८
लंबन. ३११
खस्वस्तिकांतर काढणें. ३१५
विभाग ४ था. ३१७–३३३
रेखांश. ३१७
तासकोन काढण्याच्या सरणी. ३१८
ज्योतिष त्रिकोन. ३२४
रेखांश काढण्याच्या रीति. ३२६
परिशिष्ट अ.—
हिंदी महासागरावरील मुख्य बंदरें, भूशिरें वगैरेंचे अक्षांश व रेखांश. १–१०

नौकानयन.

---0:※:0---

भाग १.

कोणतेंही गलबत अगर नौका एका बंदरांतून अगर ठिकाणाहून दुसरे ठिकाणीं थोड्या वेळांत सुरक्षित रीतीनें नेण्याचे कलेस **नौकानयन** असें म्हणतात. **नौकानयना**चा धंदा करणाऱ्या लोकांस दर्यावर्दी अगर खलाशी असें म्हणतात. बंदरांतून गलबत निघतांना लागलीच त्याचें ठिकाण नक्की करून तें नकाशावर दाखवितात. त्याला गमनस्थान कायम करणें, असें म्हणावें. नंतर गलबत ज्या बंदरास जावयाचें, त्यास थोड्या वेळांत ज्या दिशेनें नेलें असतां सुरक्षित रीतीनें पोहोंचेल, त्या दिशेवर त्याचें सुकाणूं फिरवितात. त्या दिशेस गलबताचा गमनमार्ग असें म्हणावें.

जर हा मार्ग जमिनीवरील एखाद्या दृश्य ठिकाणाच्या दिशेनें जात असेल तर गलबत त्या ठिकाणाकडे सुकाणूं फिरवून नेतां येईल. सुकाणूं अशा रीतीनें फिरवावें कीं, सुकाणूं, गलबताची नाळ, आणि जावयाचें ठिकाण, हीं तिन्हीं एकाच सरळ रेषेंत असावींत; अगर नसल्यास आणावींत, मात्र त्या दिशेनें जातांना मध्यें खडक वगैरे कांहीं धोक्याचें कारण नसावें. परंतु धुकें पडलें असतां, अगर काळोख्या रात्रीं खडकाळ मार्गानें (म्ह० जेथें पाण्यांत न दिसणारे खडक अगर वाळूचे दिग असतात. अशा मार्गानें) गलबत नेलें असतां,

तें नीट बरोबर पाहिजे त्या दिशेनें जात आहे किंवा नाहीं, हें पाहण्याकरितां गलबतावर आपणाजवळ कांहीं साधनें पाहिजेत.

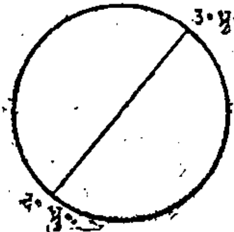
विशेषतः अफाट समुद्रामध्यें ज्या वेळीं जमीन बिलकुल दृष्टीस पडत नाहीं, त्यावेळीं अशा साधनांची फार जरूर लागते. एवढ्याकरितां उत्तम व काळजीवान खलाशी लोक आणि नाखवे वगैरे दर्यावर्दी, आपणापाशीं ज्या समुद्रामधून व ज्या समुद्रकिनाऱ्याजवळून आपणास गलबत न्यावयाचें आहे, त्याचे उत्तम सुधारलेले नवे नकाशे, गलबतास दिशा दाखविणारें उत्तम सुधारलेलें होकायंत्र, गलबताचा वेग पाहण्याकरितां वाळूचें घड्याळ, व दोरी आणि फळी (घडीपाटली) पाण्याचा ठाव पाहण्याकरितां बुडीद आणि दोरी, तसेंच ताऱ्यांचे व सूर्याचे वेध घेऊन समुद्रामध्यें आपलें गलबत कोणत्या ठिकाणीं आहे, तें मधून मधून जाणण्याकरितां तुरीय यंत्रें(वर्तुळ चतुर्थांश, व षष्ठांश) व घड्याळें वगैरे साधनें बाळगितात. आकाशांतलि ताऱ्यांवरून समुद्रामध्यें आपल्या गलबताचें ठिकाण शोधून काढण्याचे निरनिराळे प्रकार नाविक ज्योतिषांत सांगितलेले असतात. नौकानयनाचा उद्देश गलबताचें दररोजचें स्थान नकाशावर दाखवून त्यावरून पुढील गमनमार्ग कसा काढावा, हें शिकविणें हा होय. म्हणजे नकाशावरील कायम केलेल्या कोणत्याही प्रसिद्ध ठिकाणावरून अगर पूर्वीं नकाशावर दाखविलेल्या गलबताच्याच ठिकाणावरून दररोज आपलें गलबत कोठें आहे व पुढें तें कोणत्या दिशेनें न्यावें, हें शिकविणें हा नौकानयनविद्येचा मुख्य हेतु होय.

नौकानयनकलेचा अभ्यास करणाऱ्या विद्यार्थ्यांस, अंकगणित, दशांश, भूमितीचीं मूलतत्वें, बीजगणित-चिन्हांचा उपयोग, इतकें येत असलें पाहिजे. शिवाय त्रिकोणमितीचें थोडें बहुत ज्ञान असल्यास बरेंच. नसेल तर अभ्यासानें तें सहज येईल. त्यांस लागरथामाचा म्हणजे घातांकगणिताचा उपयोग कळणें, हेंही जरूर आहे. घातांकगणिताचें प्रकरण या भागाच्या शेवटीं दिलें आहे.

व्याख्या.

खलाशांस पृथ्वीचा आकार व त्यावरील कल्पितवृत्तें समजण्याची जरूरी आहे, म्हणून भूगोलसंबंधीं व्याख्या देऊं.

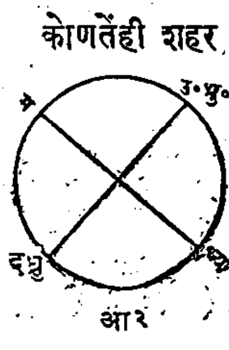
१. आंस—साधारण रीतीनें म्हटलें असतां पृथ्वी वाटोळी आहे,



आ. १

व ती आपल्या एका व्यासाभोंवतीं चोविस तासांत एक वेळ फिरते. तिच्या त्या व्यासास अक्ष अगर आंस असें म्हणतात. या आंसाच्या टोंकांस ध्रुव असें म्हणतात. उत्तरेकडील टोंकास उत्तर ध्रुव व त्याचे समोरील टोंकास दक्षिण ध्रुव असें म्हणतात. (आकृति १ ली पहा.)

कोणतेंही शहर अगर ठिकाण पृथ्वीच्या पाठीवर कोठें आहे, तें



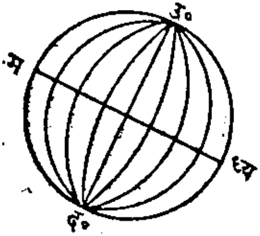
आ. २

नीट रीतीनें सांगतां यावें म्हणून पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर कांहीं काल्पित वर्तुळें काढिलीं आहेत, अशी कल्पना करून, त्या वर्तुळावरून तें ठिकाण कोठें आहे, तें सांगतात.

२. भूमध्यरेषा अगर विषुववृत्त—पृथ्वीचे पृष्ठ भागावर असें एक मोठें वर्तुळ कल्पिलें

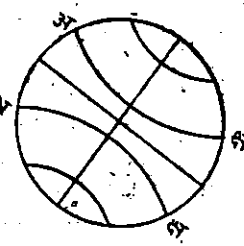
आहे कीं, त्यांतील प्रत्येक बिंदूपासून दोन्ही ध्रुव सारख्या अंतरावर असतात. त्या वर्तुळास **भूमध्यरेषा** अगर **विषुव वृत्त** असें म्हणतात. या रेषेनें पृथ्वीचे उत्तर गोलार्ध आणि दक्षिण गोलार्ध असे दोन समान भाग होतात. (आकृति २ री पहा.)

३. भूमध्यरेषेवर लंब होऊन दोन्ही ध्रुवांमधून जाणाऱ्या पृथ्वीच्या पृष्ठावरील मोठ्या वर्तुळास, **याम्योत्तर** (म्ह० दक्षिणोत्तर.) वृत्तें अगर माध्यान्ह वृत्तें अगर रेषा असें म्हणतात. मध्यान्हरेषा म्हणण्याचें कारण, ती रेषा ज्या ज्या स्थलांवरून जाते, त्या त्या स्थलीं मध्यान्ह म्हणजे दोन प्रहर एकदमच होते. या दक्षिणोत्तर अगर मध्यान्हरेषपैकीं जी कोणत्याही प्रसिद्ध ठिकाणावरून जाते, त्या रेषेस प्रथम माध्यान्ह वृत्त म्हणतात. इंग्रज आणि कांहीं इतर लोक ग्रीनीच मधून जी माध्यान्ह रेषा जाते, तिला प्रथम माध्यान्ह वृत्त मानितात. या माध्यान्ह रेषेवर उत्तर ध्रुवापासून दक्षिण ध्रुवापर्यंत असणाऱ्या सर्व स्थलांस तीं ग्रीनीचच्या माध्यान्ह वृत्तावर आहेत, असें म्हणतात. व तीं स्थळें एकमेकांच्या बरोबर उत्तरेस अगर दक्षिणेस असतात; तसेंच दोन अथवा अधिक स्थळें एकमेकांच्या बरोबर उत्तरेस अगर दक्षिणेस असतील, तर तीं कोणत्याही एका विवक्षित मध्यान्ह रेषेवर असतील व त्याचे रेखांश एकच असतात. रेखांश भूमध्यवृत्तावर मोजतात. (आ० ३ री पहा)



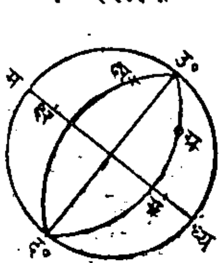
आ० २

४. **अंक्षांश**—कोणत्याही स्थळाचें भूमध्य रेषेपासून उत्तरकडे अगर दक्षिणेकडे जें अंतर त्याला अक्षांश म्हणतात. व ते अंश (०), कला (′), विकला (″) यांनीं दाखवितात. भूमध्य वृत्ताशीं समांतर पूर्वपश्चिम जीं लहान वर्तुळें असतात, त्यांस **अक्षांशवृत्तें** असें म्हणतात. एकच अक्षांश असणारीं सर्व स्थळें एकाच अक्षांश वृत्तावर असतात व तीं एकमेकांच्या बरोबर पूर्वेस अगर पश्चिमेस असतात. अ क्ष हीं अक्षांशवृत्तें होत. (आकृति ४ पहा.)



आ० ४

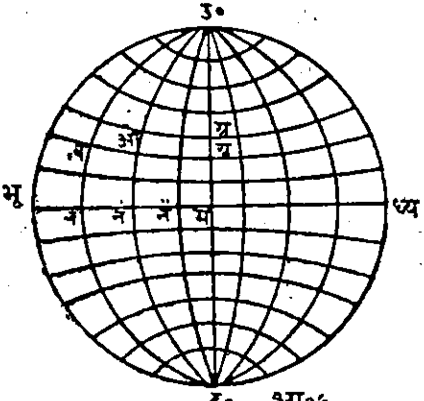
५. **रेखांश**—कोणत्याही स्थळाचे रेखांश म्हणजे त्या स्थळाच्या मध्यान्हवृत्ताचें प्रथम मध्यान्हवृत्तापासून पूर्वेकडील अगर पश्चिमेकडील अंतर होय. हें विषुववृत्तावर मोजतात. व ते अंश (०) कला (′) विकला (″) यांनीं दाखवितात. पांचव्या आकृतींत जर उ ग्र द हें ग्रीनीचचें (पहिलें) मध्यान्हवृत्त होय, तर ग्र क्ष हें 'क्ष' या स्थळाचे पश्चिम रेखांश होत. व ते म ध्य या विषुववृत्तावर मापिले आहेत.



आ० ५

६. कोणत्याही दोन स्थलांच्या **अक्षांशांचें** अंतर म्हणजे त्या दोन स्थलांमधून जाणाऱ्या समांतर अक्षवृत्तांच्या मधील मध्यान्ह वृत्तावर मोजलेलें अंतर होय.

७. कोणत्याही दोन स्थलांच्या रेखांशांतील अंतर म्हणजे त्या स्थलांमधून जाणाऱ्या मध्यान्ह वृत्तामधील भूमध्य रेषेवर मोजलेलें अंतर होय, सहाव्या आकृतींत उ, ध्य, द, भू, हें एक पृथ्वीचें मोठें वर्तुळ आहे, व तें दोन्ही ध्रुवांमधून जातें असें समजा; तसेंच पृथ्वीच्या मध्यांतून उत्तरध्रुवापासून दक्षिणध्रुवापर्यंत जाणारी एक रेषा



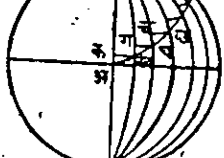
आ० ५

काढिली आहे असें समजा. आतां ही कल्पित रेषा हा पृथ्वीचा आंस होय. उ हा उत्तरध्रुव व द हा दक्षिणध्रुव होय. भू, म, ध्य, हें भूमध्यवृत्त होय. उ नद, उनंद, उनँद, उमद उ भू द हीं दक्षिणोत्तर (याम्योत्तर) वृत्तें होत. अ क्ष, अं क्षं, हीं समांतर अक्षांशवृत्तें होत. ओ आणि व हीं दोन स्थळें अथवा गलबताच्या जागा आहेत; व उ, ग्र, म, द हे ग्रीनीचमधून जाणारे दक्षिणोत्तरवृत्त आहे, असें समजा. तर व स्थलाचे व न हे अक्षांश होत; ओ स्थलाचें ओ नं हे अक्षांश होत. मनं हे ओचे रेखांश होत. हीं दोन्हीं ग्रीनीचचे पश्चिमेस आहेत. अ अं अथवा ग्र ग्रं हें अक्षांतर होय. व, ननं हें व आणि ओ यांचें रेखांतर होय.

८. नौकानयनामध्यें कोणत्याही दोन स्थलांमधील मध्यान्हांतर म्हणजे, जेथून निघालों व जेथें आलों, त्या दोन स्थलांच्या मध्यान्ह वृत्तामधील नाविक मैलांनीं दाखविलेलें अंतर. हें ज्या अक्षांश-

वृत्तावर गलबत आलें असेल, त्यावर मोजतात. बहुतकरून तें मध्यान्हांतर त्या दोन मध्यान्हवृत्तांचें पोंचल्या ठिकाणच्या अक्षांशवृत्तावर मोजलेलें अंतर असतें.

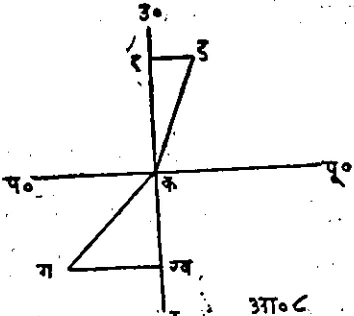
९. **गलबताचें रेखांशगमनः**— गलबताचें रेखांशगमन म्हणजे कोणत्याही दोन स्थळांमधील थोडथोड्या मध्यान्हांतरांची बेरीज होय. हीं लहान मध्यान्हांतरें सारखीं व फारच लहान असतात, अशी कल्पना केली आहे. असें समजा कीं, एखादें गलबत बरोबर पूर्वेकडे जातें, तर तें एकाच अक्षवृत्तावर राहील आणि त्याचें रेखांशगमन हें मध्यान्हांतराबरोबर होईल. परंतु तें गलबत जर एक अक्षवृत्त सोडून दुसऱ्या अक्षवृत्तावर जाईल तर त्या गलबताचें **रेखांशगमन** (Departure डिपार्चर) हें त्या दोन अक्षवृत्तांचें मध्य अक्षवृत्तावर मोजलेलें मध्यान्हांतर होईल. किंवा गलबताचें **रेखांशगमन** म्हणजे तें गलबत ज्या (दक्षिणोत्तर) मध्यान्हवृत्तापासून निघालें व ज्या मध्यान्हवृत्तावर आलें, त्या दोन मध्यान्हवृत्तांमधील लंबांतर होय.



आ० ७

असें समजा कीं, एक गलबत (अ) ह्या ठिकाणाहून (ब) ठिकाणीं गेलें; तर कख, गघ, चछ, जझ इत्यादि अतिशय लहान लहान लंबाची बेरीज, हें त्या गलबताचें रेखांशगमन होईल व तें काटकोन त्रिकोणाच्या एका बाजूनें दाखवितां येईल.

१०. याम्योत्तर (दक्षिणोत्तर) किंवा मध्यान्हवृत्ताशीं कोणत्याही गलबताची जाण्याची दिशा जो कोन करिते त्यास त्या गलबताचा **गमनमार्ग-कोन** म्हणावें. आकृति ८ पहा. क पासून ग पर्यंत एक गलबत चाललें अशी कल्पना करा. तर कग हें त्याचें अंतर, कख, हें त्याचें अक्षांतर, खग, हें त्याचें रेखांतर (अगर रेखांशगमन) आणि ख क ग हा त्याचा गमनमार्ग-कोन होय. ग क प हा गमनमार्ग-कोन नव्हे; तर ख क ग हाच गमनमार्ग आहे, हें पक्कें ध्यानांत ठेवावें.



आणखी एक उदाहरण घेऊन हें अधिक स्पष्ट करूं; एक गलबत क पासून ड पर्यंत गेलें, असें समजा; तर कड हें त्याचें अंतर, कर हें त्याचें अक्षांतर, डर हें त्याचें रेखांतर (गमन), व, रकड हा त्याचा गमनमार्ग होय.

११. **मध्याक्षवृत्त**—ज्या अक्षवृत्तापासून गलबत निघाले, व ज्या अक्षवृत्तावर तें येऊन पोहोंचलें, त्या दोहोंच्या बरोबर मध्यावर जें अक्षवृत्त असतें त्याला **मध्य अक्षवृत्त** म्हणावें.

१२. **दृश्य क्षितिज**—पृथ्वीच्या पृष्ठ भागावरील समुद्रावर जेथपर्यंत आपली नजर चोहोंकडे पोंचते त्या वर्तुळास **दृश्य क्षितिज** असें म्हणावें. म्हणजे जेथें आकाश चोहोंकडून पृथ्वीस मिळालेंसें दिसतें, तें दृश्य क्षितिज होय; अथवा पृथ्वी आणि आकाश यांच्या स्पर्शानें झालेल्या वर्तुळास **दृश्य क्षितिज** म्हणावें.

१३. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर प्रत्येक मध्यान्ह वृत्ताशीं सारखा कोन करणारा जो गलबताचा वक्र मार्ग त्याला ऱ्हंब (Rhumb) असें म्हणावें. ऱ्हंब (Rhumb) म्हणजे गलबताचा एकाच दिशेंतील मार्ग व कोर्स (Course) म्हणजे गलबताच्या एकाच दिशेंतील मार्गानें याम्योत्तर (दक्षिणोत्तर) वृत्ताशीं केलेला कोन होय.

१४. अंतर---गलबत कोणत्याही दिशेनें एका ठिकाणापासून दुसऱ्या ठिकाणापर्यंत जितकें लांब जातें तें त्याचें अंतर होय. हें अंतर नाविक मैलांनीं मोजतात.

१५. नाविक मैल–पृथ्वीवरील मोठ्या वर्तुळाचे ३६०° अंश कल्पितात, व एका अंशाच्या ६० कला मानितात. प्रत्येक कला सुमारें ६०८० फूट लांब असते व तिला नाविक मैल असें म्हणतात; साधारण प्रचारांतील मैल ५२८० फूट असतो.

१६. नाळेकडे तोंड केलें असतां गलबताच्या उजवे बाजूस (Star Board) स्टारबोर्ड व डावे बाजूस पोर्ट (लार बोर्ड.) असें म्हणतात.

१७. गलबतांच्या शिडाच्या खालच्या दोन कोंपऱ्यास ज्या दोन दोऱ्या बांधलेल्या असतात त्यास टाक (Tack or Tackle) म्हणजे गोस व डामण असें म्हणतात. जी दोरी शिडाच्या वाऱ्याकडील कोंपऱ्यास बांधलेली असते तिला गोस म्हणतात; व ती सदोदित ताणून बांधतात. गलबताचे मागील तक्तपोशी व सुकाणूकडे बांधलेल्या दोरीस डामण म्हणतात.

" लागरथम् " म्हणजे घातांकगणित.

जॉन नेपिअर म्हणून स्काटलंडांत एक मोठा गणिती होऊन गेला. त्यानें लागरथमनें गणित करण्याची युक्ति काढिली.

लागरथमाच्या योगानें गुणाकाराचें काम बेरजेनें करितां येतें; भागाकाराचें काम वजाबाकीनें होतें; तसेंच कोणत्याही संख्येचें कोणतेंही मूळ काढणें झाल्यास त्या संख्येचें लागरथमास त्या मूळ प्रकाशकानें भागून काढितात; व कोणत्याही संख्येचा कोणताही घात करणें झाल्यास त्या संख्येचे लागरथमास त्या घातप्रकाशानें गुणून घात काढितां येतो. लागरथमाचीं निरनिराळीं कोष्टकें बनविण्याच्या कामास फार वेळ व श्रम पडले आहेत, परंतु सध्यां आपणास त्याचा उपयोग कसा करावा, एवढेंच शिकावयाचें आहे.

साधारण प्रचारांतील लागरथमाची पद्धति दहा या मूळ संख्येचें घात करून काढलेली आहे.

आणि सर्व संख्येचे लागरथम् हे दहा या मूळ संख्येचे घात प्रकाशक आहेत, असें म्हटलें तरी चालेल. उदाहरणः—

$१०^{०} = १$ म्हणून एक या संख्येचा लागरथम् ० होय.

$१०^{१} = १०$ म्हणून दहा या संख्याचा लागरथम् १ होय.

$१०^{२} = १००$ म्हणून शंभर या संख्येचा लागरथम् २ होय.

$१०^{३} = १०००$ म्हणून हजार या संख्येचा लामरथम् ३ होय.

$१०^{-१} = \frac{१}{१०}$ म्हणून $\frac{१}{१०}$ या संख्येचा लागरथम्(−१) होय.

$१०^{-२} = \frac{१}{१००}$ म्हणून $\frac{१}{१००}$ या संख्येचा लागरथम्(−२)होय.

यावरून लक्ष्यांत येईल कीं १ व १० यामधील कोणत्याही संख्येचा लागरथम् शून्य आणि एक यांमध्यें असला पाहिजे. म्हणजे तो एकाहून कमी असला पाहिजे, किंवा कांहीं दशांश अपूर्णांक असला पाहिजे. तसेंच १० आणि १०० यांचे मधील कोणत्याही संख्येचा लागरथम् हा २ व दुसरा कांहीं दशांश अपूर्णांक, यांनीं झालेली एक मिश्रसंख्या असली पाहिजे; म्हणून कोणत्याही लागरथमांतील पूर्णांक (पूर्ण घात प्रकाशक) हा, ज्या संख्येचे लागरथम् काढावयाचे आहे, त्या संख्येच्या पूर्णांकांत जितके आंकडे असतील, त्यांहून एकानें कमी असला पाहिजे. यावरून एकापेक्षां मोठ्या अशा कोणत्याही संख्येचे लागरथमांतील पूर्णांक काढण्याचा एक नियम निघतो तो हाः—

१ ला नियम —ज्या संख्येचा लागरथम् काढावयाचा असेल, त्या संख्येंतील पूर्णांकस्थळें मोजावीं व त्या स्थळांच्या संख्येहून एकानें कमी इतका त्या संख्येच्या लागरथमांतील पूर्णांक समजावा जसें:—

८	या संख्येंतील	पूर्ण	घातप्रकाशक		०.
८८	,,	,,	,,	,,	१.
८८९	,,	,,	,,	,,	२.
८८·९	,,	,,	,,	,,	१.
८·८६	,,	,,	,,	,,	०.

एकाहून लहान संख्येच्या लागरथमांतील पूर्णांक (पूर्ण घातप्रकाशक) काढण्याची रीति कांहींशी निराळी आहे.

आपणांस माहीत आहे कीं, $\frac{१}{१०}$ अगर (.१) याचा घात-प्रकाशक (−१) ही ऋण संख्या आहे. व $\frac{१}{१००}$ अथवा .०१ याचा घातप्रकाशक (−२) ही आहे. यावरून हें उघड आहे कीं, कोणत्याही दशांश अपूर्णांक संख्येचा घातप्रकाशक ऋण असतो; व त्या संख्येंत दशांशचिन्ह व प्रथम अंक यामध्यें जितकीं शून्यें असतील, त्यांहून एकानें अधिक असतो.

२ रा नियम—एकाहून कमी अशा कोणत्याही दशांश अपूर्णांक संख्येच्या लागरथमांतील पूर्ण घातप्रकाशक हा त्या संख्येंतील दशांश चिन्ह व प्रथम आंकडा यांच्या मध्यें जितकीं शून्यें असतील, त्यांहून एकानें अधिक असतो व तो सदोदित ऋण असतो. जसें:—

.८१	यांतील	पूर्ण घातप्रकाशक	(−१)	आहे.
.०८४२	,,	,,	(−२)	,,
.००८३२	,,	,,	(−३)	,,
.०००८८१	,,	,,	(−४)	,,

म्हणजे तो ऋण आंकडा असतो व त्या संख्येंत दशांश चिन्ह व प्रथम अंक यांच्या मध्यें जितकीं शून्यें असतील त्यांहून एकानें अधिक असतो.

दहा ही मूळ संख्या धरून जी लागरथमाची पद्धति केली आहे, तिच्यांतील कोष्टकांत लागरथमाचा फक्त दशांश भागच दिलेला असतो; व तो सहा स्थळांपर्यंत काढलेला असतो; आणि त्याचे मागें जो पूर्ण घात-प्रकाशक लिहावयाचा, तो वरील रीतीनें काढून लिहावा लागतो. लाग-थमाचे कोष्टकांबरोबर कोणत्याही संख्येचे लागरथम् कसे काढावे वर

लागरथमावरून संख्या कशी काढावी, याची रीति थोडक्यांत समजावून सांगितलेली असते. वरील दोन नियमांवरून लागरथमाचे पूर्ण घातप्रकाशक काढण्यास व लागरथमावरून काढलेल्या संख्येंत दशांशचिन्ह करण्यास कठीण पडणार नाहीं.

दहा ही मूळ संख्या धरून जी घातांकपद्धति (लागरथमाची पद्धति) केली आहे, तींत लागरथमामधील अपूर्णांक भाग, जो कोष्टकांत दिलेला असतो, तो, जोंपर्यंत त्या संख्येंत तेच आंकडे क्रमानें आहेत, तोंपर्यंत बदलत नाहीं. मग त्या आंकड्यांत दशांशचिन्ह कोठेंही असलें, किंवा नसलें तरी हरकत नाहीं; म्हणजे ते आंकडे सर्व पूर्णांक असोत, सर्व अपूर्णांक असोत अगर कांहीं पूर्णांक व कांहीं अपूर्णांक असोत, जोंपर्यंत संख्येंत एकाच क्रमानें तेच अंक आहेत, तोंपर्यंत त्यांचे लागरथमांतील अपूर्णांक भाग तोच असतो; बदलत नाहीं. त्याचे मागें जो पूर्णांक लिहावयाचा तो मात्र १ ल्या व २ ऱ्या नियमाप्रमाणें लिहावा. उदाहरणार्थः—

संख्या.		लागरथम् अथवा घातांक.
.८८६	....	.... $\bar{1}$.९४७४३४
८.८६०	....	.... ०.९४७४३४
८८.६०	....	.... १.९४७४३४
.००८८६	....	.... $\bar{3}$.९४७४३४

येथें .९४७४३४ हा घातांकांतील अपूर्णांक भाग, फक्त जोच कोष्टकांत दिलेला असतो तो, संख्येंत क्रमानें तेच अंक (८८६) आहेत तोंपर्यंत, बदलला जात नाहीं; मग त्यांत दशांश चिन्ह कोठेंही असो.

या नियमांमुळें कोणत्याही अपूर्णांक किंवा पूर्णांक संख्येचे लागरथम् कोष्टकांतून लवकर काढतां येतात व त्यांचे मागें पूर्णांक मात्र पहिल्या दोन नियमांवरून विचार करून लिहावा लागतो.

घातांकगणित

अथवा

लागरथमानें गणित करण्याची रीति.

गुणाकार.

१. कोणत्याही दोन संख्यांचा गुणाकार घातांक गणितानें (लागरथमानें) करावयाचा असल्यास, त्या दोन संख्यांचे घातांक कोष्टकांतून काढावे, व त्यांची बेरीज घ्यावी; त्या घातांकाच्या बेरजेवरून कोष्टकांतून संख्या काढावी; ती संख्या त्या दोन संख्यांचा गुणाकार होय.

भागाकार.

२. भागाकार घातांकानें (लागरथमानें) करावयाचा असल्यास भाजक संख्येचा घातांक भाज्यसंख्येच्या घातांकांतून वजा करावा; बाकी राहिलेल्या घातांकांची संख्या कोष्टकांतून काढावी. ती संख्या इच्छित भागाकार होईल.

मूळ.

३. एखाद्या संख्येचें कोणतेंही मूळ काढणें असल्यास, त्या संख्येच्या घातांकास त्या मूळांकानें (मूळप्रकाशकानें) भागावें. भागून आलेल्या घातांकावरून कोष्टकांतून संख्या काढावी. ती संख्या दिलेल्या संख्येचें इच्छित मूळ होय.

घात.

४. कोणत्याही संख्येचा कोणताही घात करणें असल्यास त्या संख्येच्या घातांकास (लागरथमास) त्या घातप्रकाशकानें गुणावें व गुणून आलेल्या घातांकाची कोष्टकांतून संख्या काढावी. ती संख्या दिलेल्या संख्येचा इच्छित घात होय.

अपूर्णांक संख्यांचे घात व मूळ.

कोणत्याही अपूर्णांक संख्येच्या लागरथमांतील पूर्णांक ऋण असतो; परंतु दशांश भाग सदोदित धन असतो; म्हणून अपूर्णांक संख्येचा घात करितेवेळीं तिचे लागरथमास गुणतांना त्यांतील दशांश भागास गुणून जे हातचे येतात, ते मागील ऋण पूर्णांक भागांत वजा करावे लागतात.

उदाहरणः—·०५ यांचा पंचघात करा. किंवा $(\cdot ०५)^{५}$ याची किंमत काढा.

·०५ चें लागरथम्=$\bar{२}$.६९८९७०

त्यास ५ चांनीं गुणा. तर−२×५=—१०=$\bar{१०}$

व .६९८९७०×५=३.४९४८५०

यांची बेरीज =$\bar{७}$·४९४८५०

म्हणजे $(\cdot ०५)^{५}$ चे लागरथम्=$\bar{७}$· ४९४८५० हे आले व संख्या ३१२५ येते. त्यांत नियमाप्रमाणें दशांश चिन्ह व प्रथम अंक यांचे मध्यें ६ शून्यें द्यावीं म्हणून $(\cdot ०५)^{५}$=·०००००० ३१२५·

कोणत्याही अपूर्णांक संख्येचें मूळ काढतांना लागरथमांतील पूर्णांक संख्येस मूळ प्रकाशकानें भागावें; भाग बरोबर तुटत नसल्यास जरूर

ती संख्या त्या ऋण पूर्णांक संख्येस मिळवावी. व तीच संख्या त्या लागरथमांतील धन अपूर्णांक संख्येंतही मिळवावी व भागाकार येईल, तो त्या मूळ संख्येचे लागरथम् होत. त्यावरून कोष्टकांतून मूळ संख्या काढावी.

उदाहरण—(·००००००३१२५)$^{\frac{1}{5}}$ याची किंमत काढा.

·००००००३१२५ चे लागरथम्=७̄·४९४८५० यास पांच (५) या मूळप्रकाशकानें भागावयाचे, म्हणून भाग बरोबर तुटण्याकरितां ७̄ या ऋण पूर्णांकांत ३̄ मिळवावें म्हणजे ७̄+३̄=१०̄÷५=२̄ व तितकेच (३) अपूर्णांक भागांत मिळविले म्हणून ३·४९४८५० ÷५=·६९८९७० यांची बेरीज २̄. ६९८९७०. या लागथमाची संख्या ·०५ ही कोष्टकांत दिली आहे. म्हणून ५√·००००००३१२५

=किंवा (·००००००३१२५)$^{\frac{1}{5}}$=·०५ हें उत्तर.

उदाहरणें*

उ० (१) लें. ४८९६ यांस ८४·३ यांनीं लागरथमाचा उपयोग करून गुणा.

कोष्टकावरून ४८२६ चे लागरथम् ३·६८९८४१

८४·३ चे लागथरम् = १·९२५८२८

या दोन लागरथमाची बेरीज— ५·६१५६६९

---

* या उदाहरणांत येणाऱ्या संख्यांचें लागरथमाचें कोष्टक या भागाचे शेवटीं दिलें आहे व त्या कोष्टकाचा उपयोग करण्याचे विशेष नियमही दिले आहेत.

आतां कोष्टकांत ·६१९६६९ या लागरथमाची संख्या पाहावी व त्यांत सहा पूर्णांक असावेत. (ते काढण्याचे विशेष नियम शेवटीं पहा.)

५·६१५६६९ याचे अगदीं जवळचे १ लें कोष्टकांतील लागरथम् ·६१५६३४ हे आहेत; ते वजा करावे.

बाकी ३५ राहिले; त्यावर दोन शून्यें द्या. व त्यास १०५, या कोष्टकांत दिलेल्या अंतरानें भागा. भागाकार ३ आवर्त आला.

१०५) ३५०० (३३
३१५
३५०

आतां ·६१५६३४ या लागरथमाची संख्या ४१२७ आहे, त्यावर हे आवर्त ३ लिहून सहा पूर्णांक स्थळें व पाहिजे तितकीं दशांशस्थळें पुरीं करून घ्यावीं; म्हणून गुणाकार ४१२७३३·३ हा आला.

उत्तर ४१२७३३·३

(२) रें उ०—११२१०० यांस ·००७ यांनीं गुणा.

११२१०० चे लागरथम् ५·०४९६०६
·००७ चे लागरथम् ३·८४५०९८

लागरथमाची बेरीज २·८९४७०४

या लागरथमावरून कोष्टकांतून संख्या, ७८४७ ही आली. त्यांत तीन पूर्णांकस्थळें ठेऊन दशांशचिन्ह करा म्हणजे ७८४·७ हें उत्तर.

(३) रें उ०—१४९६ यास १२१३ नीं भागा.

१४९६ चे लागरथम् ३·१७४९३२ यांतून
१२१३ चे लागरथम् ३·०८३८६१ वजा करा.

·०९१०७१ या लागरथमावरून

कोष्टकांतून संख्या काढा. आतां ·०९१०७१ याचे
अगदीं जवळचे ला० ·०९०९६३ हे आहेत.
व त्याची संख्या १२३३ आहे.
यांत पूर्णांकस्थान एकच असलें पाहिजे (नियम १ ला पहा.)
म्हणून १·२३३ हें उत्तर.

(४) थें उदाहरण—८७८५·५७ यांस लागरथमाच्या रीतीनें १८·०४ यांनीं भागा.

कोष्टकावरून ८७८५·५७ चे लागरथम् काढतांना प्रथम ८७८५ चे लागरथम् ·९४३७४२ हे दिले आहेत. ते लिहावे; व अंतर ४९ दिलेलें आहे, त्यास बाकी राहिलेल्या ५७ या आंकड्यांनीं गुणावें (विशेषनियम ४ पहा) गुणाकार २७९३ आला. त्यावरील शेवटचे दोन अंक कापून बाकी २७·९=२८ राहतात. ते वरील लागरथमांत मिळवावे म्हणून ९४३७४२+२८=·९४३७७० हे लागरथम् आले, व संख्येंत चार पूर्णांक आहेत; म्हणून ३·९४३७७० हे पूर्ण लागरथम् होय.

आतां ८७८५·५७ चे लाग. ३·९४३७७० यांत
१८·०४ चे लाग. १·२५६२३६ वजा जातां
२·६८७५३४ बाकी. राहिले

हे लागरथम्, कोष्टकावरून ४८७ या संख्येचे आहेत, व त्यांत तीन पूर्णांकस्थळें आहेत; म्हणून— उत्तर ४८७.०

उ० ५ वें.—९२६१ यांचें घनमूळ काढा. $(९२६१)^{\frac{1}{3}}$
९२६१ चें लाग. ३·९६६६५८, यांस ३ नीं भागा.

=१.३२२२१९ हे लागरथम्, कोष्टकावरून पाहतां, २१ या संख्येचे आहे. व त्यांत पूर्णांकस्थळें दोन असलीं पाहिजेत; म्हणून— २१ हें उत्तर.

उ० ६ वें. ३६००: ६०८०::२८:

हें त्रैराशिक सोडवा. अंकगणिताच्या नियमाप्रमाणें ६०८० यांस २८ सांनीं गुणावें व ३६०० यांनीं भागावें.

म्हणून ६०८० चे लागरथम्—३·७८३९०४
व २८ चे लाग. १·४४७१५८
५·२३१०६२ बेरीज.
यांतून वजा ३६०० चे लाग. ३·५५६३०२ वजा
१·६७४७६० बाकी

हें कोष्टकावरून पहातां, ४७२९ चे अगदीं जवळचे लागरथम् आहेत व त्यांत दोन पूर्णांकस्थळें असावींत म्हणून ४७·२९ हें उत्तर.

उ० ७ वें. १.८०५ याचा चतुर्घात करा.

कोष्टकावरून १.८०५ चे लागरथम्—०·२५६४७७ यास
घातांक ४ यांनीं गुणा. × ४
१·०२५९०८ कोष्टकांत
या लागरथमाचे अगदीं जवळचे ला.—१.०२५७१५ हे निघतात;
१९३ बाकी

त्याची संख्या १०.६१ ४०८)....१९३००(४७
ही दिली आहे, व अंतर, १६३२
४०८, दिलें आहे. आतां २९८०
१०.६१ वर पुढील दोन २८५६

स्थळें काढावयाचीं आहेत; म्हणून वरील लागरथमाच्या वजाबाकीवर दोन शून्यें घ्या, व त्या संख्येस ४०८ या अंतरानें भागा. ४७ भागाकार आला, ते १०,६१ या संख्येवरील पुढील दोन दशांश अपूर्णांक आंकडे होत; म्हणून १०·६१४७ हें उत्तर.

कोष्टकावरून क्रमिक संख्यांचे लागरथम् म्हणजे घातांक काढण्याचे विशेष नियम.

(१) संख्या फक्त दोनच अंकांची असेल तर—कोष्टक नंबर १ काढा, व " संख्या " या सदराखालीं दिलेली संख्या पहा. तिचे समोर लागरथम् या सदराखालीं पाहिजे ते लागरथम् सांपडतील. लागरथम्च्या नियमाप्रमाणें त्याचे पाठीमागें पूर्ण घातांक लिहावा. जसें ५६ या संख्येचे लागरथम् १·७४८१८८ हे आहेत. व ९४ या संख्येचा लागरथम् १·९७३१२८ हा आहे.

(२) संख्या तीन अंकांची असेल तर—कोष्टक नंबर २ मध्यें डाव्या हाताकडील सदरांत (म्हणजे संख्या या सदराखालीं) दिलेली संख्या पहावी व त्याच्यासमोर (०) शून्य या सदराखालीं पाहिजे ते लागरथम् सांपडतील. त्याच्या मागें वर लिहिल्याप्रमाणें, लागरथम्च्या नियमानें पूर्ण घातांक (घातप्रकाशक) लिहावा. जसें—२८५ चे लागरथम् २·४५४८४५ हे आहे व १८४ याचे लागरथम् २·२६४८१८ हे आहे. ·२८१ चे —१·४४८७०६ हे आहे.

(३) जेव्हां संख्या चार अंकांची असेल तेव्हां त्या संख्येंत दशांशचिन्ह असलें, तरी तें नाहीं असें समजून, कोष्टकांतील डावे हाताकडील " संख्या " या सदराखालीं त्या चार अंकांचे संख्येंतील पहिले तीन अंक पहावे व " संख्या " शब्दाचे समोर जें शून्यापासून १, २, ३ इत्यादि नवापर्यंत अंक दिलेले आहेत, यांत राहिलेला चवथा अंक पहावा, व त्याच्या सदराखालीं आणि पहिल्या तीन अंकांच्या संख्येसमोर आपणास पाहिजे तो चार

अंकांच्या संख्येचा लागरथम् सांपडेल. त्याचे मागें रीतीप्रमाणें पूर्ण घातप्रकाशक लिहावा.

(४) संख्येंत पांच किंवा अधिक अंक असतील तर पहिल्या चार अंकांचें लागरथम् वर सांगितल्याप्रमाणें काढावे. नंतर बाकी राहिलेल्या अंकांनीं त्या संख्येपुढील " अंतर, " या सदराखालील अंकास गुणावें. व जो गुणाकार येईल त्यांतील उजवे हाताकडील आंकडे, गुण्यांकामध्यें जितके आंकडे असतील तितके, कापावे व बाकीची रकम, पहिल्या चार अंकांच्या लागरथमाच्या रकमेस मिळवावी. बेरीज येईल ती त्या पांच किंवा अधिक अंकांच्या संख्येचे लागरथम् होईल. त्याचे पाठीमागें रीतीप्रमाणें पूर्ण घातांक लिहावा. उजवेकडील कापून टाकिलेला पहिला अंक ५ पेक्षां अधिक असेल तर बाकी राहिलेल्या अंकांतील एकंचा अंक एकानें वाढवावा.

उदाहरणार्थ—२५०४७ या संख्येचे लागरथम् काढा. पहिल्यानें डावेकडील " संख्या " या सदराखालीं २५० ही संख्या पहा. या संख्येसमोर व ४ या अंकाच्या सदराखालीं ३९८६३४ हे लागरथम् सांपडेल . व त्याचे समोर " अंतर " या सदराखालीं १७३ ही रकम सांपडेल. तिला ७ नीं गुणून १२११ आले आणि त्यांतील शेवटचा अंक १ कापून टाकिल्यास बाकी १२१ राहिले ते ३९८६३४ यांत मिळविले, व मागें घातांक चार हा लिहिला तर ४·३९८७५५ हा पाहिजे होता तो लागरथम् आला.

(५) जेव्हां संख्या व्यवहारी सम अपूर्णांक असेल तेव्हां कोष्टकांतून अंश आणि छेद यांचे लागरथम् वेगवेगळाले काढून छेदांचे लागरथम् अंशांचे लागरथमांत वजा करून बाकी काढावी; ही बाकी त्या

सम अपूर्णांकाचे लागरथम् आहे. व त्यांचा पूर्ण घातप्रकाशक ऋण होईल, तो नियमाप्रमाणें लिहावा.

जेव्हां संख्या भागानुबंध अपूर्णांक असेल तेव्हां त्या भागानुबंध अपूर्णांकास विषम अपूर्णांकाचें रूप देऊन अंश व छेदांचे लागरथम् काढून पूर्वीप्रमाणें वजाबाकी करावी.

उदाहरण (१ लें) $\frac{३७}{९४}$ यांचें लागरथम् काढा. अंश ३७ याचा लाग० १·५६८२०२, यांतून छेद ९४ याचा
लाग० = १·९७३१२८ वजा करा. म्हणून $\frac{३७}{९४}$ चें
−१·५९५०७४
लाग० १̄·५९५०७३ हें उत्तर.

उदाहरण (२ रें) १७$\frac{१४}{२३}$ याचें लागरथम् काढा. आतां
१७$\frac{१४}{२३}$=$\frac{४०५}{२३}$ हा विषम अपूर्णांक आहे; म्हणून अंश ४०५
याचा लाग०= २·६०७४५५ यांतून, छेद २३
याचा लाग० =१·३६१७२८ वजा करा. बाकी राहील तो १७$\frac{१४}{२३}$
याचा लाग०=१·२४५७२७ झाला.

म्हणून १·२४५७२७ हें उत्तर.

दिलेल्या लागरथमूवरून संख्या काढण्याची रीत—ही संख्या पूर्वींच्या उलट रीतीनें काढावी लागते. म्हणून दिलेले लागरथम्चा दशांश भाग कोष्टकांत शोधून काढावा. त्याचे डाव्या हाताकडील “ संख्या ” ह्या सदराखालील संख्या पहावी. ती त्या लागरथमाची संख्या होय.

चार अंकापर्यंतची संख्या काढणें असल्यास दिलेल्या लागरथमाच्या अगदीं जवळचे लागरथम् कोष्टकांत पहावे. त्याचे मागें

डाव्या हाताकडील "संख्या" ह्या सदराखालीं पहिले तीन अंक सांपडतील व चवथा अंक त्या लागरथमाच्या अगदीं वरील अगर खालील सदरांत सांपडेल. नंतर त्या संख्येंत दशांशचिन्ह असें करावें कीं, दिलेल्या लागरथमांतील पूर्ण घातांकापेक्षां एकानें अधिक इतकीं त्या संख्येंत पूर्णांकस्थळें येतील; म्हणजे लागरथमांत पूर्णांक चार असला तर त्याचे संख्येंत पूर्णांकस्थळें पांच असावींत.

जर लागरथमावरून काढावयाची संख्या पांच किंवा अधिक अंकांची असेल तर दिलेल्या लागरथमांतील दशांश भागाच्या अगदीं जवळचा अंक कोष्टकांत "लागरथम्" या सदराखालीं पहावा. त्यावरून पहिले चार अंक निघतील. नंतर तो लागरथम् व दिलेला लागरथम् यांतील अंतर काढावें. नंतर चोहोंपेक्षां जितके अधिक आंकडे पाहिजे असतील, तितकीं शून्यें त्या अंतरावर द्यावीं. नंतर उजवे हाताकडील 'अंतर' या सदराखालीं व पाहिल्या लागरथमासमोर जो अंक सांपडेल, त्यानें त्या शून्यें दिलेल्या अंतरावर भागावे. भागाकार येईल ते इच्छित चोहोंपेक्षां अधिक अंक होतील.

उदाहरणार्थः—लागरथम् ४. ४७८३०९ यावरून मूळ संख्या पांच अंकांपर्यंत काढा. दिलेल्या लागरथमाचे अगदीं जवळचा लहान लागरथम् ४७८२७८ हा आहे व त्याची संख्या ३००८ ही आहे; व दिलेल्या लागरथमांत व यांत ३१ हें अंतर आहे. त्यावर एक शून्य द्यावें, व त्यास १४९ या अंतरानें भागावें भागाकार दोन येतो म्हणून ३००८२ ही इच्छित संख्या होय.

या संख्येंत पांच पूर्णांक स्थळेंही आहेत.

कोष्टक नं०१
१ पासून १०० पर्यंत संख्यांचे लॉगरथम्

संख्या	लॉगरथम्	संख्या	लॉगरथम्
१	०·००००००	१३	१·११३९४३
२	०·३०१०३०	१४	१·१४६१२८
३	०·४७७१२१	१५	१·१७६०९१
४	०·६०२०६०	१६	१·२०४१२०
५	०·६९८९७०	१७	१·२३०४४९
६	०·७७८१५१	१८	१·२५५२७३
७	०·८४५०९८	१९	१·२७८७५४
८	०·९०३०९०	२०	१·३०१०३०
९	०·९५४२४३	२१	१·३२२२१९
१०	१·००००००	२२	१·३४२४२३
११	१·०४१३९३	२३	१·३६१७२८
१२	१·०७९१८१	२४	१·३८०२११

१ पासून १०० पर्यंत संख्यांचे लॉगरथम्

संख्या	लॉगरथम्	संख्या	लॉगरथम्
२५	१·३९७९४०	३८	१·५७९७८४
२६	१·४१४९७३	३९	१·५९१०६५
२७	१·४३१३६४	४०	१·६०२०६०
२८	१·४४७१५८	४१	१·६१२७८४
२९	१·४६२३९८	४२	१·६२३२४९
३०	१·४७७१२१	४३	१·६३३४६८
३१	१·४९१३६२	४४	१·६४३४५३
३२	१·५०५१५०	४५	१·६५३२१३
३३	१·५१८५१४	४६	१·६६२७५८
३४	१·५३१४७९	४७	१·६७२०९८
३५	१·५४४०६८	४८	१·६८१२४१
३६	१·३५६३०२	४९	१·६९०१९६
३७	१·५६८२०२	५०	१·६९८९७०

१ पासून १०० पर्यंत संख्यांचे लॉगरथम्

संख्या	लॉगरथम्	संख्या	लॉगरथम्
५१	१· ७०७५७०	६४	१· ८०६१८०
५२	१· ७१६००३	६५	१· ८१२९१३
५३	१· ७२४२७६	६६	१· ८१९५४४
५४	१· ७३२३९४	६७	१· ८२६०७५
५५	१· ७४०३६३	६८	१· ८३२५०९
५६	१· ७४८१८८	६९	१· ८३८८४९
५७	१· ७५५८७५	७०	१· ८४५०९८
५८	१· ७६३४२८	७१	१· ८५१२५८
५९	१· ७७०८५२	७२	१· ८५७३३२
६०	१· ७७८१५१	७३	१· ८६३३२३
६१	१· ७८५३३०	७४	१· ८६९२३२
६२	१· ७९२३९२	७५	१· ८७५०६१
६३	१· ७९९३४१	७६	१· ८८०८१४

१पासून१०००पर्यंतसंख्यांचे लॉगरथम्

संख्या	लॉगरथम्	संख्या	लॉगरथम
७७	१·८८६४९१	९०	१·९५४२४३
७८	१·८९२०९५	९१	१·९५९०४१
७९	१·८९७६२७	९२	१·९६३७८८
८०	१·९०३०९०	९३	१·९६८४८३
८१	१·९०८४८५	९४	१·९७३१२८
८२	१·९१३८१४	९५	१·९७७७२४
८३	१·९१९०७८	९६	१·९८२२७१
८४	१·९२४२७९	९७	१·९८६७७२
८५	१·९२९४१९	९८	१·९९१२२६
८६	१·९३४४९८	९९	१·९९५६३५
८७	१·९३९५१९	१००	२·००००००
८८	१·९४४४८३		
८९	१·९४९३९०		

कोष्टक नं० २

१०० पासून १०००० पर्यंत संख्यांचे लॉगरथम्

तुटक तुटक.

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
१००	००००००	०००४३४	०००८६८	००१३०१	००१७३४	००२१६६	००२५९८	००३०२९	००३४६०	००३८९१	४३२
१०१	००४३२१	००४७५१	००५१८०	००५६०९	००६०३८	००६४६६	००६८९४	००७३२१	००७७४८	००८१७४	४२८
१०२	००८६००	००९०२६	००९४५१	००९८७६	०१०३००	०१०७२४	०१११४७	०११५७०	०११९९३	०१२४१५	४२४
१०३	०१२८३७	०१३२५९	०१३६८०	०१४१००	०१४५२०	०१४९४०	०१५३६०	०१५७७९	०१६१९७	०१६६१६	४२०
१०४	०१७०३३	०१७४५१	०१७८६८	०१८२८४	०१८७००	०१९११६	०१९५३२	०१९९४७	०२०३६१	०२०७७५	४१६

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अन्तर
१०५	०२११८९	०२१६०३	०२२०१६	०२२४२८	०२२८४१	०२३२५२	०२३६६४	०२४०७५	०२४४८६	०२४८९६	४१२
१०६	०२५३०६	०२५७१५	०२६१२५	०२६५३३	०२६९४२	०२७३५०	०२७७५७	०२८१६४	०२८५७१	०२८९७८	४०८
१०७	०२९३८४	०२९७८९	०३०१९५	०३०६००	०३१००४	०३१४०८	०३१८१२	०३२२१६	०३२६१९	०३३०२१	४०४
१०८	०३३४२४	०३३८२६	०३४२२७	०३४६२८	०३५०२९	०३५४३०	०३५८३०	०३६२३०	०३६६२९	०३७०२८	४००
१०९	०३७४२६	०३७८२५	०३८२२३	०३८६२०	०३९०१७	०३९४१४	०३९८११	०४०२०७	०४०६०२	०४०९९८	३९७
११०	०४१३९३	०४१७८७	०४२१८२	०४२५७६	०४२९६९	०४३३६२	०४३७५५	०४४१४८	०४४५४०	०४४९३२	३९३
१११	०४५३२३	०४५७१४	०४६१०५	०४६४९५	०४६८८५	०४७२७५	०४७६६४	०४८०५३	०४८४४२	०४८८३०	३९०
११२	०४९२१८	०४९६०६	०४९९९३	०५०३८०	०५०७६६	०५११५३	०५१५३८	०५१९२४	०५२३०९	०५२६९४	३८६

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
११३	०५३०७८४	०५३४६२६	०५३८४६४	०५४२२९९	०५४६१३१	०५४९९५९	०५५३७८३	०५५७६०५	०५६१४२३	०५६५२३७	३८३
११४	०५६९०४९	०५७२८५६	०५७६६६१	०५८०४६२	०५८४२६०	०५८८०५५	०५९१८४६	०५९५६३४	०५९९४१९	०६०३२००	३७९
११५	०६०६९७८	०६१०७५३	०६१४५२५	०६१८२९३	०६२२०५८	०६२५८२०	०६२९५७८	०६३३३३४	०६३७०८६	०६४०८३४	३७५
११६	०६४४५८०	०६४८३२२	०६५२०६१	०६५५७९७	०६५९५३०	०६६३२५९	०६६६९८५	०६७०७०९	०६७४४२८	०६७८१४५	३७३
११७	०६८१८५९	०६८५५६९	०६८९२७६	०६९२९८०	०६९६६८१	०७००३७९	०७०४०७३	०७०७७६५	०७११४५३	०७१५१३८	३७०
११८	०७१८८२०	०७२२४९९	०७२६१७५	०७२९८४७	०७३३५१७	०७३७१८४	०७४०८४७	०७४४५०७	०७४८१६४	०७५१८१८	३६६
११९	०७५५४७०	०७५९११८	०७६२७६३	०७६६४०४	०७७००४३	०७७३६७९	०७७७३१२	०७८०९४२	०७८४५६८	०७८८१९२	३६३
१२०	०७९१८१२	०७९५४३०	०७९९०४५	०८०२६५६	०८०६२६५	०८०९८७०	०८१३४७३	०८१७०७३	०८२०६६९	०८२४२६३	३६०
१२१	०८२७८५४	०८३१४४१	०८३५०२६	०८३८६०८	०८४२१८७	०८४५७६३	०८४९३३६	०८५२९०६	०८५६४७३	०८६००३७	३५७

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
१२२	०८६३६०	०८६७१६	०८७०७१	०८७४२६	०८७७८१	०८८१३६	०८८४९०	०८८८४५	०८९१९८	०८९५५२	३५५
१२३	०८९९०५	०९०२५८	०९०६११	०९०९६३	०९१३१५	०९१६६७	०९२०१८	०९२३७०	०९२७२१	०९३०७१	३५२
१२४	०९३४२२	०९३७७२	०९४१२२	०९४४७१	०९४८२०	०९५१६९	०९५५१८	०९५८६६	०९६२१५	०९६५६२	३४९
१२५	०९६९१०	०९७२५७	०९७६०४	०९७९५१	०९८२९७	०९८६४४	०९८९९०	०९९३३५	०९९६८१	१०००२६	३४६
१२६	१००३७०	१००७१५	१०१०५९	१०१४०३	१०१७४७	१०२०९०	१०२४३४	१०२७७७	१०३११९	१०३४६२	३४३
१२७	१०३८०४	१०४१४५	१०४४८७	१०४८२८	१०५१६९	१०५५१०	१०५८५१	१०६१९१	१०६५३१	१०६८७०	३४१
१२८	१०७२१०	१०७५४९	१०७८८८	१०८२२७	१०८५६५	१०८९०३	१०९२४१	१०९५७८	१०९९१५	११०२५३	३३८
१२९	११०५९०	११०९२६	१११२६२	१११५९८	१११९३४	११२२७०	११२६०५	११२९४०	११३२७५	११३६०९	३३५

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
१३०	११३९४३	११४२७७	११४६११	११४९४४	११५२७८	११५६१०	११५९४३	११६२७६	११६६०८	११६९४०	३३२
१३१	११७२७१	११७६०२	११७९३४	११८२६५	११८५९५	११८९२६	११९२५६	११९५८६	११९९१५	१२०२४५	३३०
१३२	१२०५७४	१२०९०३	१२१२३१	१२१५६०	१२१८८८	१२२२१६	१२२५४३	१२२८७१	१२३१९८	१२३५२५	३२८
१३३	१२३८५२	१२४१७८	१२४५०४	१२४८३०	१२५१५६	१२५४८१	१२५८०६	१२६१३१	१२६४५५	१२६७८१	३२५
	×	×	×	×		×	×	×	×		
१४०	१४६१२८	१४६४३८	१४६७४८	१४७०५८	१४७३६७	१४७६७६	१४७९८५	१४८२९४	१४८६०३	१४८९११	३०९
१४१	१४९२१९	१४९५२७	१४९८३५	१५०१४२	१५०४४९	१५०७५६	१५१०६३	१५१३७०	१५१६७६	१५१९८२	३०७
१४२	१५२२८८	१५२५९४	१५२९००	१५३२०५	१५३५१०	१५३८१५	१५४११९	१५४४२४	१५४७२८	१५५०३२	३०५

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर.
९४३	९५५३२६	९५५६४०	९५५९४३	९५६२४६	९५६५४९	९५६८५२	९५७१४४	९५७४५७	९५७७५९	९५८०६१	३०३
९४४	९५८३५२	९५८६५४	९५८९५५	९५९२५६	९५९५५७	९५९८५८	९६०१५८	९६०४५८	९६०७५९	९६१०५८	३००
९४५	९६१३५८	९६१६५७	९६१९५७	९६२२५६	९६२५५४	९६२८५३	९६३१५१	९६३४५०	९६३७४७	९६४०४५	२९८
	·X·	·X·	·X·	·X·	·X·	·X·	·X·	·X·	·X·	·X·	
९९१	९७८९७७	९७९२६४	९७९५५२	९७९८३९	९८०१२६	९८०४१३	९८०६९९	९८०९८५	९८१२७२	९८१५५८	२८७
९९२	९८१८४४	९८२१२९	९८२४१४	९८२७००	९८२९८५	९८३२७०	९८३५५४	९८३८३९	९८४१२३	९८४४०७	२८४
९९३	९८४६९१	९८४९७५	९८५२५९	९८५५४२	९८५८२५	९८६१०८	९८६३९१	९८६६७४	९८६९५६	९८७२३९	२८३
९९४	९८७५२१	९८७८०३	९८८०८४	९८८३६६	९८८६४७	९८८९२८	९८९२०९	९८९४९०	९८९७७१	९९००५१	२८१

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
१५५	११०३३२	११०६१२	११०८९२	११११७१	१११४५१	१११७३०	११२०१०	११२२८९	११२५६७	११२८४६	२७९
	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	
१६०	२०४१२०	२०४३९१	२०४६६२	२०४९३३	२०५२०४	२०५४७५	२०५७४५	२०६०१६	२०६२८६	२०६५५६	२७१
१६१	२०६८२६	२०७०९५	२०७३६५	२०७६३४	२०७९०३	२०८१७२	२०८४४१	२०८७१०	२०८९७८	२०९२४७	२६९
१६२	२०९५१५	२०९७८३	२१००५१	२१०३१८	२१०५८६	२१०८५३	२१११२०	२११३८८	२११६५५	२११९२१	२६७
१६३	२१२१८८	२१२४५४	२१२७२०	२१२९८६	२१३२५२	२१३५१८	२१३७८३	२१४०४९	२१४३१४	२१४५७९	२६६
१६४	२१४८४४	२१५१०९	२१५३७३	२१५६३८	२१५९०२	२१६१६६	२१६४३०	२१६६९४	२१६९५७	२१७२२१	२६४
१६५	२१७४८४	२१७७४७	२१८०१०	२१८२७३	२१८५३५	२१८७९८	२१९०६०	२१९३२२	२१९५८४	२१९८४६	२६२

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
१६६	२२०१०८	२२०३७०	२२०६३१	२२०८९२	२२११५३	२२१४१४	२२१६७५	२२१९३६	२२२१९६	२२२४५६	२६१
१६७	२२२७१६	२२२९७६	२२३२३६	२२३४९६	२२३७५५	२२४०१५	२२४२७४	२२४५३३	२२४७९२	२२५०५१	२५९
१६८	२२५३०९	२२५५६८	२२५८२६	२२६०८४	२२६३४२	२२६६००	२२६८५८	२२७११५	२२७३७२	२२७६३०	२५८
१६९	२२७८८७	२२८१४४	२२८४००	२२८६५७	२२८९१३	२२९१७०	२२९४२६	२२९६८२	२२९९३८	२३०१९३	२५६
१७०	२३०४४९	२३०७०४	२३०९६०	२३१२१५	२३१४७०	२३१७२४	२३१९७९	२३२२३४	२३२४८८	२३२७४२	२५५
१८०	२५५२७३	२५५५१४	२५५७५५	२५५९९६	२५६२३७	२५६४७७	२५६७१८	२५६९५८	२५७१९८	२५७४३९	२४१
१८१	२५७६७९	२५७९१८	२५८१५८	२५८३९८	२५८६३७	२५८८७७	२५९११६	२५९३५५	२५९५९४	२५९८३३	२३९

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
१८२	२६००७१	२६०३१०	२६०५४८	२६०७८७	२६१०२५	२६१२६३	२६१५०१	२६१७३९	२६१९७६	२६२२१४	२३८
१८३	२६२४५१	२६२६८८	२६२९२५	२६३१६२	२६३३९९	२६३६३६	२६३८७३	२६४१०९	२६४३४६	२६४५८२	२३७
१८४	२६४८१८	२६५०५४	२६५२९०	२६५५२५	२६५७६१	२६५९९६	२६६२३२	२६६४६७	२६६७०२	२६६९३७	२३५
१८५	२६७१७२	२६७४०६	२६७६४१	२६७८७५	२६८११०	२६८३४४	२६८५७८	२६८८१२	२६९०४६	२६९२७९	२३४
	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	
२०५	३११७५४	३११९६६	३१२१७७	३१२३८९	३१२६००	३१२८१२	३१३०२३	३१३२३४	३१३४४५	३१३६५६	२११
२०६	३१३८६७	३१४०७८	३१४२८९	३१४४९९	३१४७१०	३१४९२०	३१५१३०	३१५३४०	३१५५५०	३१५७६०	२१०
२०७	३१५९७०	३१६१८०	३१६३९०	३१६५९९	३१६८०९	३१७०१८	३१७२२७	३१७४३६	३१७६४६	३१७८५४	२०९

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
२०८	३१८०६३	३१८२७२	३१८४८१	३१८६८९	३१८८९८	३१९१०६	३१९३१४	३१९५२२	३१९७३०	३१९९३८	२०८
२०९	३२०१४६	३२०३५४	३२०५६२	३२०७६९	३२०९७७	३२११८४	३२१३९१	३२१५९८	३२१८०५	३२२०१२	२०७
	·※·	·※·	·※·	·※·	·※·	·※·	·※·	·※·	·※·	·※·	
२४५	३८९१६६	३८९३४३	३८९५२०	३८९६९८	३८९८७५	३९००५१	३९०२२८	३९०४०५	३९०५८२	३९०७५९	१७७
२४६	३९०९३५	३९१११२	३९१२८८	३९१४६४	३९१६४१	३९१८१७	३९१९९३	३९२१६९	३९२३४५	३९२५२१	१७६
२४७	३९२६९७	३९२८७३	३९३०४८	३९३२२४	३९३४००	३९३५७५	३९३७५१	३९३९२६	३९४१०१	३९४२७७	१७५
२४८	३९४४५२	३९४६२७	३९४८०२	३९४९७७	३९५१५२	३९५३२६	३९५५०१	३९५६७६	३९५८५०	३९६०२५	१७५
२४९	३९६१९९	३९६३७४	३९६५४८	३९६७२२	३९६८९६	३९७०७०	३९७२४५	३९७४१८	३९७५९२	३९७७६६	१७४

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
२५०	३९७९४०	३९८११४	३९८२८७	३९८४६१	३९८६३४	३९८८०८	३९८९८१	३९९१५४	३९९३२८	३९९५०१	१७३
·	·	·×·	·	·×·	·×·	·×·	·×·	·×·	·×·	·×·	
२८०	४४७१५८	४४७३१३	४४७४६८	४४७६२३	४४७७७८	४४७९३३	४४८०८८	४४८२४२	४४८३९७	४४८५५२	१५५
२८१	४४८७०६	४४८८६१	४४९०१५	४४९१७०	४४९३२४	४४९४७८	४४९६३३	४४९७८७	४४९९४१	४५००९५	१५४
२८२	४५०२४९	४५०४०३	४५०५५७	४५०७११	४५०८६५	४५१०१८	४५११७२	४५१३२६	४५१४७९	४५१६३३	१५४
२८३	४५१७८६	४५१९४०	४५२०९३	४५२२४७	४५२४००	४५२५५३	४५२७०६	४५२८५९	४५३०१२	४५३१६५	१५३
२८४	४५३३१८	४५३४७१	४५३६२४	४५३७७७	४५३९३०	४५४०८२	४५४२३५	४५४३८७	४५४५४०	४५४६९२	१५३
२८५	४५४८४५	४५४९९७	४५५१५०	४५५३०२	४५५४५४	४५५६०६	४५५७५८	४५५९१०	४५६०६२	४५६२१४	१५२

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
३००	४७७१२१	४७७२६६	४७७४११	४७७५५५	४७७७००	४७७८४४	४७७९८९	४७८१३३	४७८२७८	४७८४२२	१४५
३०१	४७८५६६	४७८७११	४७८८५५	४७८९९९	४७९१४३	४७९२८७	४७९४३१	४७९५७५	४७९७१९	४७९८६३	१४४
३०२	४८०००७	४८०१५१	४८०२९४	४८०४३८	४८०५८२	४८०७२५	४८०८६९	४८१०१२	४८११५६	४८१२९९	१४४
३०३	४८१४४३	४८१५८६	४८१७२९	४८१८७२	४८२०१६	४८२१५९	४८२३०२	४८२४४५	४८२५८८	४८२७३१	१४३
३०४	४८२८७४	४८३०१६	४८३१५९	४८३३०२	४८३४४५	४८३५८७	४८३७३०	४८३८७२	४८४०१५	४८४१५७	१४३
३०५	४८४३००	४८४४४२	४८४५८५	४८४७२७	४८४८६९	४८५०११	४८५१५३	४८५२९५	४८५४३७	४८५५७९	१४२
३०६	४८५७२१	४८५८६३	४८६००५	४८६१४७	४८६२८९	४८६४३०	४८६५७२	४८६७१४	४८६८५५	४८६९९७	१४२

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
३०७	४८७१३८	४८७२८०	४८७४२१	४८७५६३	४८७७०४	४८७८४५	४८७९८६	४८८१२७	४८८२६८	४८८४१०	१४१
३०८	४८८५५१	४८८६९२	४८८८३३	४८८९७३	४८९११४	४८९२५५	४८९३९५	४८९५३६	४८९६७७	४८९८१८	१४१
३०९	४८९९५८	४९००९९	४९०२३९	४९०३८०	४९०५२०	४९०६६१	४९०८०१	४९०९४१	४९१०८१	४९१२२२	१४०
३१०	४९१३६२	४९१५०२	४९१६४२	४९१७८२	४९१९२२	४९२०६२	४९२२०१	४९२३४१	४९२४८१	४९२६२१	१४०
:	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	:
३३५	५२५०४५	५२५१७४	५२५३०४	५२५४३४	५२५५६३	५२५६९३	५२५८२२	५२५९५१	५२६०८१	५२६२१०	१२९
३३६	५२६३३९	५२६४६८	५२६५९८	५२६७२७	५२६८५६	५२६९८५	५२७११४	५२७२४३	५२७३७२	५२७५०१	१२९
३३७	५२७६३०	५२७७५९	५२७८८८	५२८०१७	५२८१४५	५२८२७४	५२८४०३	५२८५३१	५२८६६०	५२८७८८	१२९

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
३३८	५२८९१७	५२९०४५	५२९१७४	५२९३०२	५२९४३०	५२९५५९	५२९६८७	५२९८१५	५२९९४३	५३००७२	१२८
३३९	५३०२००	५३०३२८	५३०४५६	५३०५८४	५३०७१२	५३०८४०	५३०९६८	५३१०९५	५३१२२३	५३१३५१	१२८
३४०	५३१४७९	५३१६०७	५३१७३४	५३१८६२	५३१९९०	५३२११७	५३२२४५	५३२३७२	५३२५००	५३२६२७	१२८
३४१	५३२७५४	५३२८८२	५३३००९	५३३१३६	५३३२६३	५३३३९१	५३३५१८	५३३६४५	५३३७७२	५३३८९९	१२७
३४२	५३४०२६	५३४१५३	५३४२८०	५३४४०७	५३४५३४	५३४६६१	५३४७८७	५३४९१४	५३५०४१	५३५१६७	१२७
३४३	५३५२९४	५३५४२१	५३५५४७	५३५६७४	५३५८००	५३५९२७	५३६०५३	५३६१७९	५३६३०६	५३६४३२	१२६
३४४	५३६५५८	५३६६८४	५३६८११	५३६९३७	५३७०६३	५३७१८९	५३७३१५	५३७४४१	५३७५६७	५३७६९३	१२६
३४५	५३७८१९	५३७९४५	५३८०७१	५३८१९७	५३८३२२	५३८४४८	५३८५७४	५३८६९९	५३८८२५	५३८९५१	१२६

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
३४६	५३९०७६	५३९२०२	५३९३२७	५३९४५२	५३९५७८	५३९७०३	५३९८२९	५३९९५४	५४००७९	५४०२०४	१२५
३४७	५४०३२९	५४०४५४	५४०५८०	५४०७०५	५४०८३०	५४०९५५	५४१०८०	५४१२०५	५४१३३०	५४१४५४	१२५
३४८	५४१५७९	५४१७०४	५४१८२९	५४१९५३	५४२०७८	५४२२०३	५४२३२७	५४२४५२	५४२५७६	५४२७०१	१२५
३४९	५४२८२५	५४२९५०	५४३०७४	५४३१९९	५४३३२३	५४३४४७	५४३५७१	५४३६९६	५४३८२०	५४३९४४	१२४
३५०	५४४०६८	५४४१९२	५४४३१६	५४४४४०	५४४५६४	५४४६८८	५४४८१२	५४४९३६	५४५०६०	५४५१८३	१२४
⁚	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
४००	६०२०६०	६०२१६९	६०२२७७	६०२३८६	६०२४९४	६०२६०३	६०२७११	६०२८१९	६०२९२८	६०३०३६	१०८
४०१	६०३१४४	६०३२५३	६०३३६१	६०३४६९	६०३५७७	६०३६८६	६०३७९४	६०३९०२	६०४०१०	६०४११८	१०८

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
४०२	६०४२२६	६०४३३४	६०४४४२	६०४५५०	६०४६५८	६०४७६६	६०४८७४	६०४९८२	६०५०८९	६०५१९७	१०८
४०३	६०५३०५	६०५४१३	६०५५२१	६०५६२८	६०५७३६	६०५८४४	६०५९५१	६०६०५९	६०६१६६	६०६२७४	१०८
४०४	६०६३८१	६०६४८९	६०६५९६	६०६७०४	६०६८११	६०६९१९	६०७०२६	६०७१३३	६०७२४१	६०७३४८	१०७
४०५	६०७४५५	६०७५६२	६०७६६९	६०७७७७	६०७८८४	६०७९९१	६०८०९८	६०८२०५	६०८३१२	६०८४१९	१०७
४०६	६०८५२६	६०८६३३	६०८७४०	६०८८४७	६०८९५४	६०९०६१	६०९१६७	६०९२७४	६०९३८१	६०९४८८	१०७
४०७	६०९५९४	६०९७०१	६०९८०८	६०९९१४	६१००२१	६१०१२८	६१०२३४	६१०३४१	६१०४४७	६१०५५४	१०७
४०८	६१०६६०	६१०७६७	६१०८७३	६१०९७९	६११०८६	६१११९२	६११२९८	६११४०५	६११५११	६११६१७	१०६
४०९	६११७२३	६११८२९	६११९३६	६१२०४२	६१२१४८	६१२२५४	६१२३६०	६१२४६६	२१२५७२	६१२६७८	१०६

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
४१०	६१२७८४	६१२८९०	६१२९९६	६१३१०१	६१३२०७	६१३३१३	६१३४१९	६१३५२५	६१३६३०	६१३७३६	१०६
४११	६१३८४२	६१३९४७	६१४०५३	६१४१५९	६१४२६४	६१४३७०	६१४४७५	६१४५८१	६१४६८६	६१४७९२	१०६
४१२	६१४८९७	६१५००३	६१५१०८	६१५२१३	६१५३१९	६१५४२४	६१५५२९	६१५६३४	६१५७४०	६१५८४५	१०५
४१३	६१५९५०	६१६०५५	६१६१६०	६१६२६५	६१६३७०	६१६४७६	६१६५८१	६१६६८६	६१६७९०	६१६८९५	१०५
४१४	६१७०००	६१७१०५	६१७२१०	६१७३१५	६१७४२०	६१७५२५	६१७६२९	६१७७३४	६१७८३९	६१७९४३	१०५
४१५	६१८०४८	६१८१५३	६१८२५७	६१८३६२	६१८४६६	६१८५७१	६१८६७६	६१८७८०	६१८८८४	६१८९८९	१०५
४१६	६१९०९३	६१९१९८	६१९३०२	६१९४०६	६१९५११	६१९६१५	६१९७१९	६१९८२४	६१९९२८	६२००३२	१०४
४१७	६२०१३६	६२०२४०	६२०३४४	६२०४४८	६२०५५२	६२०६५६	६२०७६०	६२०८६४	६२०९६८	६२१०७२	१०४

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
४१८	६२११७६	६२१२८०	६२१३८४	६२१४८८	६२१५९२	६२१६९५	६२१७९९	६२१९०३	६२२००७	६२२११०	१०४
४१९	६२२२१४	६२२३१८	६२२४२१	६२२५२५	६२२६२८	६२२७३२	६२२८३५	६२२९३९	६२३०४२	६२३१४६	१०४
४२०	६२३२४९	६२३३५३	६२३४५६	६२३५५९	६२३६६३	६२३७६६	६२३८६९	६२३९७२	६२४०७६	६२४१७९	१०३
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
४४५	६४८३६०	६४८४५८	६४८५५५	६४८६५३	६४८७५०	६४८८४८	६४८९४५	६४९०४३	६४९१४०	६४९२३७	९७
४४६	६४९३३५	६४९४३२	६४९५३०	६४९६२७	६४९७२४	६४९८२१	६४९९१९	६५००१६	६५०११३	६५०२१०	९७
४४७	६५०३०७	६५०४०५	६५०५०२	६५०५९९	६५०६९६	६५०७९३	६५०८९०	६५०९८७	६५१०८४	६५११८१	९७
४४८	६५१२७८	६५१३७५	६५१४७२	६५१५६९	६५१६६६	६५१७६२	६५१८५९	६५१९५६	६५२०५३	६५२१५०	९७

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
४४९	६५२२४६	६५२३४३	६५२४४०	६५२५३६	६५२६३३	६५२७३०	६५२८२६	६५२९२३	६५३०१९	६५३११६	९७
४५०	६५३२१३	६५३३०९	६५३४०५	६५३५०२	६५३५९८	६५३६९५	६५३७९१	६५३८८८	६५३९८४	६५४०८०	९६
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
४८०	६८१२४१	६८१३३२	६८१४२२	६८१५१२	६८१६०३	६८१६९३	६८१७८४	६८१८७४	६८१९६४	६८२०५५	९०
४८१	६८२१४५	६८२२३६	६८२३२६	६८२४१६	६८२५०६	६८२५९६	६८२६८६	६८२७७७	६८२८६७	६८२९५७	९०
४८२	६८३०४७	६८३१३७	६८३२२७	६८३३१७	६८३४०७	६८३४९७	६८३५८७	६८३६७७	६८३७६७	६८३८५७	९०
४८३	६८३९४७	६८४०३७	६८४१२७	६८४२१७	६८४३०७	६८४३९६	६८४४८६	६८४५७६	६८४६६६	६८४७५६	९०
४८४	६८४८४५	६८४९३५	६८५०२५	६८५११४	६८५२०४	६८५२९४	६८५३८३	६८५४७३	६८५५६३	६८५६५२	९०

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
४८५	६८५७४२	६८५८३१	६८५९२१	६८६०१०	६८६१००	६८६१८९	६८६२७९	६८६३६८	६८६४५७	६८६५४७	८९
४८६	६८६६३६	६८६७२५	६८६८१५	६८६९०४	६८६९९४	६८७०८३	६८७१७२	६८७२६१	६८७३५१	६८७४४०	८९
४८७	६८७५२९	६८७६१८	६८७७०७	६८७७९६	६८७८८५	६८७९७५	६८८०	६८८१५३	६८८२४२	६८८३३१	८९
४८८	६८८४२०	६८८५०९	६८८५९८	६८८६८७	६८८७७६	६८८८६५	६८८९५३	६८९०४२	६८९१३१	६८९२२०	८९
४८९	६८९३०९	६८९३९८	६८९४८६	६८९५७५	६८९६६४	६८९७५३	६८९८४१	६८९९३०	६९००१९	६९०१०७	८९
४९०	६९०१९६	६९०२८५	६९०३७३	६९०४६२	६९०५५०	६९०६३९	६९०७२७	६९०८१६	६९०९०५	६९०९९३	८९
	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	
४९५	६९४६०५	६९४६९३	६९४७८१	६९४८६८	६९४९५६	६९५०४४	६९५१३२	६९५२१९	६९५३०७	६९५३९५	८८

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
४९६	६९५४८२	६९५५६९	६९५६५७	६९५७४४	६९५८३२	६९५९१९	६९६००७	६९६०९४	६९६१८२	६९६२६९	८७
४९७	६९६३५६	६९६४४४	६९६५३१	६९६६१८	६९६७०५	६९६७९३	६९६८८०	६९६९६८	६९७०५५	६९७१४२	८७
४९८	६९७२२९	६९७३१७	६९७४०४	६९७४९१	६९७५७८	६९७६६५	६९७७५२	६९७८३९	६९७९२६	६९८०१३	८७
४९९	६९८१००	६९८१८८	६९८२७५	६९८३६२	६९८४४८	६९८५३५	६९८६२२	६९८७०९	६९८७९६	६९८८८३	८७
५००	६९८९७०	६९९०५७	६९९१४४	६९९२३१	६९९३१७	६९९४०४	६९९४९१	६९९५७८	६९९६६४	६९९७५१	८७
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
६३०	७९९३४१	७९९४०९	७९९४७८	७९९५४७	७९९६१६	७९९६८५	७९९७५४	७९९८२३	७९९८९२	७९९९६१	६९
६३१	८०००२९	८०००९८	८००१६७	८००२३६	८००३०४	८००३७३	८००४४२	८००५११	८००५८०	८००६४८	६९

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
६३२	८००७१७	८००७८६	८००८५४	८००९२३	८००९९२	८०१०६०	८०११२९	८०११९८	८०१२६६	८०१३३५	६९
६३३	८०१४०४	८०१४७२	८०१५४१	८०१६०९	८०१६७८	८०१७४७	८०१८१५	८०१८८४	८०१९५२	८०२०२१	६९
६३४	८०२०८९	८०२१५८	८०२२२६	८०२२९५	८०२३६३	८०२४३२	८०२५००	८०२५६८	८०२६३७	८०२७०५	६८
६३५	८०२७७४	८०२८४२	८०२९१०	८०२९७९	८०३०४७	८०३११६	८०३१८४	८०३२५२	८०३३२१	८०३३८९	६८
	·✕·	·✕·	·✕·	·✕·	·✕·	·✕·	·✕·	·✕·	·✕·	·✕·	
७८०	८९२०९५	८९२१५०	८९२२०६	८९२२६२	८९२३१७	८९२३७३	८९२४२९	८९२४८४	८९२५४०	८९२५९५	५६
७८१	८९२६५१	८९२७०७	८९२७६२	८९२८१८	८९२८७३	८९२९२९	८९२९८५	८९३०४०	८९३०९६	८९३१५१	५५
७८२	८९३२०७	८९३२६२	८९३३१८	८९३३७३	८९३४२९	८९३४८४	८९३५४०	८९३५९५	८९३६५१	८९३७०६	५५

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
७८३	८९३७६२	८९३८१७	८९३८७३	८९३९२८	८९३९८४	८९४०३९	८९४०९४	८९४१५०	८९४२०५	८९४२६१	५५
७८४	८९४३१६	८९४३७१	८९४४२७	८९४४८२	८९४५३८	८९४५९३	८९४६४८	८९४७०४	८९४७५९	८९४८१४	५५
७८५	८९४८७०	८९४९२५	८९४९८०	८९५०३६	८९५०९१	८९५१४६	८९५२०१	८९५२५७	८९५३१२	८९५३६७	५५
	·×·	·×·	·×·	·×·	·×·	·×·	·×·	·×·	·×·	·×·	
८८५	९४६९४३	९४६९९२	९४७०४१	९४७०९०	९४७१३९	९४७१८९	९४७२३८	९४७२८७	९४७३३६	९४७३८५	४९
८८६	९४७४३४	९४७४८३	९४७५३२	९४७५८१	९४७६३०	९४७६७९	९४७७२८	९४७७७७	९४७८२६	९४७८७५	४९
८८७	९४७९२४	९४७९७३	९४८०२१	९४८०७०	९४८११९	९४८१६८	९४८२१७	९४८२६६	९४८३१५	९४८३६४	४९
८८८	९४८४१३	९४८४६२	९४८५११	९४८५६०	९४८६०८	९४८६५७	९४८७०६	९४८७५५	९४८८०४	९४८८५३	४९

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
८८९	९४८९०२	९४८९५१	९४८९९९	९४९०४८	९४९०९७	९४९१४६	९४९१९५	९४९२४४	९४९२९२	९४९३४१	४९
८९०	९४९३९०	९४९४३९	९४९४८८	९४९५३६	९४९५८५	९४९६३४	९४९६८३	९४९७३१	९४९७८०	९४९८२९	४९
	·ẋ·	·ẋ·	·ẋ·	·ẋ·	·ẋ·	·ẋ·	·ẋ·	·ẋ·	·ẋ·	·ẋ·	
९६०	९८२२७१	९८२३१६	९८२३६२	९८२४०७	९८२४५२	९८२४९७	९८२५४३	९८२५८८	९८२६३३	९८२६७८	४५
९६१	९८२७२३	९८२७६९	९८२८१४	९८२८५९	९८२९०४	९८२९४९	९८२९९४	९८३०४०	९८३०८५	९८३१३०	४५
९६२	९८३१७५	९८३२२०	९८३२६५	९८३३१०	९८३३५६	९८३४०१	९८३४४६	९८३४९१	९८३५३६	९८३५८१	४५
९६३	९८३६२६	९८३६७१	९८३७१६	९८३७६२	९८३८०७	९८३८५२	९८३८९७	९८३९४२	९८३९८७	९८४०३२	४५
९६४	९८४०७७	९८४१२२	९८४१६७	९८४२१२	९८४२५७	९८४३०२	९८४३४७	९८४३९२	९८४४३७	९८४४८२	४५
९६५	९८४५२७	९८४५७२	९८४६१७	९८४६६२	९८४७०७	९८४७५२	९८४७९७	९८४८४२	९८४८८७	९८४९३२	४५

कोष्टक
नं.३.

लॉगरथमची कोष्टकें.

शून्यते एकहजार पर्यंत.

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
०	०	०००००	३०१०३	४७७१२	६०२०६	६९८९७	७७८१५	८४५१०	९०३०९	९५४२४	
१०	०००००	००४३२	००८६०	०१२८४	०१७०३	०२११९	०२५३१	०२९३८	०३३४२	०३७४३	४१५
११	०४१३९	०४५३२	०४९२२	०५३०८	०५६९०	०६०७०	०६४४६	०६८१९	०७१८८	०७५५५	३७५
१२	०७९१८	०८२७९	०८६३६	०८९९१	०९३४२	०९६९१	१००३७	१०३८०	१०७२१	११०५९	३४४
१३	११३९४	११७२७	१२०५७	१२३८५	१२७१०	१३०३३	१३३५४	१३६७२	१३९८८	१४३०१	३२३
१४	१४६१३	१४९२२	१५२२९	१५५३४	१५८३६	१६१३७	१६४३५	१६७३२	१७०२६	१७३१९	२९८
१५	१७६०९	१७८९८	१८१८४	१८४६९	१८७५२	१९०३३	२९३१२	१९५९०	१९८६६	२०१४०	२८१

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
१६	२०४१२	२०६८३	२०९५२	२१२१९	२१४८४	२१७४८	२२०११	२२२७२	२२५३१	२२७८९	२६४
१७	२३०४५	२३३००	२३५५३	२३८०५	२४०५५	२४३०४	२४५५१	२४७९७	२५०४२	२५२८५	२४९
१८	२५५२७	२५७६८	२६००७	२६२४५	२६४८२	२६७१७	२६९५१	२७१८४	२७४१६	२७६४६	२३४
१९	२७८७५	२८१०३	२८३३०	२८५५६	२८७८०	२९००३	२९२२६	२९४४७	२९६६७	२९८८५	२२२
२०	३०१०३	३०३२०	३०५३५	३०७५०	३०९६३	३११७५	३१३८७	३१५९७	३१८०६	३२०१५	२१२
२१	३२२२२	३२४२८	३२६३४	३२८३८	३३०४१	३३२४४	३३४४५	३३६४६	३३८४६	३४०४४	२०२
२२	३४२४२	३४४३९	३४६३५	३४८३०	३५०२५	३५२१८	३५४११	३५६०३	३५७९३	३५९८४	१९३
२३	३६१७३	३६३६१	३६५४९	३६७३६	३६९२२	३७१०७	३७२९१	३७४७५	३७६५८	३७८४०	१८५
२४	३८०२१	३८२०२	३८३८२	३८५६१	३८७३९	३८९१७	३९०९४	३९२७०	३९४४५	३९६२०	१७७
२५	३९७९४	३९९६७	४०१४०	४०३१२	४०४८३	४०६५४	४०८२४	४०९९३	४११६२	४१३३०	१७०

(५)

१ पासून १००० पर्यंत संख्यांचे लॉगरथम (चालू)

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
२६	४१४९७	४१६६४	४१८३०	४१९९६	४२१६०	४२३२५	४२४८८	४२६५१	४२८१३	४२९७५	१६४
२७	४३१३६	४३२९७	४३४५७	४३६१६	४३७७५	४३९३३	४४०९१	४४२४८	४४४०४	४४५६०	१५८
२८	४४७१६	४४८७१	४५०२५	४५१७९	४५३३२	४५४८४	४५६३७	४५७८८	४५९३९	४६०९०	१५३
२९	४६२४०	४६३८९	४६५३८	४६६८७	४६८३५	४६९८२	४७१२९	४७२७६	४७४२२	४७५६७	१४८
३०	४७७१२	४७८५७	४८००१	४८१४४	४८२८७	४८४३०	४८५७२	४८७१४	४८८५५	४८९९६	१४३
३१	४९१३६	४९२७६	४९४१५	४९५५४	४९६९३	४९८३१	४९९६९	५०१०६	५०२४३	५०३७९	१३८
३२	५०५१५	५०६५१	५०७८६	५०९२०	५१०५५	५११८८	५१३२२	५१४५५	५१५८७	५१७२०	१३४
३३	५१८५१	५१९८३	५२११४	५२२४४	५२३७५	५२५०४	५२६३४	५२७६३	५२८९२	५३०२०	१३०

(६८)

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
३४	५३१४८	५३२७५	५३४०३	५३५२९	५३६५६	५३७८२	५३९०८	५४०३३	५४१५८	५४२८३	१२६
३५	५४४०७	५४५३१	५४६५४	५४७७७	५४९००	५५०२३	५५१४५	५५२६७	५५३८८	५५५०९	१२१
३६	५५६३०	५५७५१	५५८७१	५५९९१	५६११०	५६२२९	५६३४८	५६४६७	५६५८५	५६७०३	११९
३७	५६८२०	५६९३७	५७०५४	५७१७१	५७२८७	५७४०३	५७५१९	५७६३४	५७७४९	५७८६४	११६
३८	५७९७८	५८०९२	५८२०६	५८३२०	५८४३३	५८५४६	५८६५९	५८७७१	५८८८३	५८९९५	११३
३९	५९१०६	५९२१८	५९३२९	५९४३९	५९५५०	५९६६०	५९७७०	५९८७९	५९९८८	६००९७	११०
४०	६०२०६	६०३१४	६०४२३	६०५३१	६०६३८	६०७४६	६०८५३	६०९५९	६१०६६	६११७२	१०७
४१	६१२७८	६१३८४	६१४९०	६१५९५	६१७००	६१८०५	६१९०९	६२०१४	६२११८	६२२२१	१०४
४२	६२३२५	६२४२८	६२५३१	६२६३४	६२७३७	६२८३९	६२९४१	६३०४३	६३१४४	६३२४६	१०२
४३	६३३४७	६३४४८	६३५४८	६३६४९	६३७४९	६३८४९	६३९४९	६४०४८	६४१४७	६४२४६	११

१ पासून १००० पर्यंत संख्यांचे लागरथम् (चालू)

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
४४	६४३४५	६४४४४	६४५४२	६४६४०	६४७३८	६४८३६	६४९३३	६५०३१	६५१२८	६५२२५	९८
४५	६५३२१	६५४१८	६५५१४	६५६१०	६५७०६	६५८०१	६५८९६	६५९९२	६६०८७	६६१८१	९५
४६	६६२७६	६६३७०	६६४६४	६६५५८	६६६५२	६६७४५	६६८३९	६६९३२	६७०२५	६७११७	९५
४७	६७२१०	६७३०२	६७३९४	६७४८६	६७५७८	६७६६९	६७७६१	६७८५२	६७९४३	६८०३४	९२
४८	६८१२४	६८२१५	६८३०५	६८३९५	६८४८५	६८५७४	६८६६४	६८७५३	६८८४२	६८९३१	९०
४९	६९०२०	६९१०८	६९१९७	६९२८५	६९३७३	६९४६१	६९५४८	६९६३६	६९७२३	६९८१०	८८
५०	६९८९७	६९९८४	७००७०	७०१५७	७०२४३	७०३२९	७०४१५	७०५०१	७०५८६	७०६७२	८६
५१	७०७५७	७०८४२	७०९२७	७१०१२	७१०९६	७११८१	७१२६५	७१३४९	७१४३३	७१५१७	८४

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
५२	७१६००	७१६८४	७१७६७	७१८५०	७१९३३	७२०१६	७२०९९	७२१८१	७२२६३	७२३४६	८२
५३	७२४२८	७२५०९	७२५९१	७२६७३	७२७५४	७२८३५	७२९१६	७२९९७	७३०७८	७३१५९	८१
५४	७३२३९	७३३२०	७३४००	७३४८०	७३५६०	७३६४०	७३७१९	७३७९९	७३८७८	७३९५७	८०
५५	७४०३६	७४११५	७४१९४	७४२७३	७४३५१	७४४२९	७४५०७	७४५८६	७४६६३	७४७४१	७८
५६	७४८१९	७४८९६	७४९७४	७५०५१	७५१२८	७५२०५	७५२८२	७५३५८	७५४३५	७५५११	७७
५७	७५५८७	७५६६४	७५७४०	७५८१५	७५८९१	७५९६७	७६०४२	७६११८	७६१९३	७६२६८	७५
५८	७६३४३	७६४१८	७६४९२	७६५६७	७६६४१	७६७१६	७६७९०	७६८६४	७६९३८	७७०१२	७४
५९	७७०८५	७७१५९	७७२३२	७७३०५	७७३७९	७७४५२	७७५२५	७७५९७	७७६७०	७७७४३	७३
६०	७७८१५	७७८८७	७७९६०	७८०३२	७८१०४	७८१७६	७८२४७	७८३१९	७८३९०	७८४६२	७२
६१	७८५३३	७८६०४	७८६७५	७८७४६	७८८१७	७८८८८	७८९५८	७९०२९	७९०९९	७९१६९	७१

१ पासून १००० पर्यंत संख्यांचे लागरथम् (चालू)

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
६२	७९२३९	७९३०९	७९३७९	७९४४९	७९५१८	७९५८८	७९६५७	७९७२७	७९७९६	७९८६५	७०
६३	७९९३४	८०००३	८००७२	८०१४०	८०२०९	८०२७७	८०३४६	८०४१४	८०४८२	८०५५०	६९
६४	८०६१८	८०६८६	८०७५४	८०८२१	८०८८९	८०९५६	८१०२३	८१०९०	८११५८	८१२२४	६८
६५	८१२९१	८१३५८	८१४२५	८१४९१	८१५५८	८१६२४	८१६९०	८१७५७	८१८२३	८१८८९	६७
६६	८१९५४	८२०२०	८२०८६	८२१५१	८२२१७	८२२८२	८२३४७	८२४१३	८२४७८	८२५४३	६६
६७	८२६०७	८२६७२	८२७३७	८२८०२	८२८६६	८२९३०	८२९९४	८३०५९	८३१२३	८३१८७	६४
६८	८३२५१	८३३१४	८३३७८	८३४४२	८३५०६	८३५६९	८३६३२	८३६९६	८३७५९	८३८२२	६३
६९	८३८८५	८३९४८	८४०११	८४०७३	८४१३६	८४१९८	८४२६१	८४३२३	८४३८६	८४४४८	६२

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
७०	८४५१०	८४५७२	८४६३४	८४६९६	८४७५७	८४८१९	८४८८०	८४९४२	८५००३	८५०६५	६२
७१	८५१२६	८५१८७	८५२४८	८५३०९	८५३७०	८५४३१	८५४९१	८५५५२	८५६१२	८५६७३	६१
७२	८५७३३	८५७९४	८५८५४	८५९१४	८५९७४	८६०३४	८६०९४	८६१५३	८६२१३	८६२७३	६०
७३	८६३३२	८६३९२	८६४५१	८६५१०	८६५७०	८६६२९	८६६८८	८६७४७	८६८०६	८६८६४	५९
७४	८६९२३	८६९८२	८७०४०	८७०९९	८७१५७	८७२१६	८७२७४	८७३३२	८७३९०	८७४४८	५८
७५	८७५०६	८७५६४	८७६२२	८७६७९	८७७३७	८७७९५	८७८५२	८७९१०	८७९६७	८८०२४	५७
७६	८८०८१	८८१३८	८८१९५	८८२५२	८८३०९	८८३६६	८८४२३	८८४८०	८८५३६	८८५९३	५७
७७	८८६४९	८८७०५	८८७६२	८८८१८	८८८७४	८८९३०	८८९८६	८९०४२	८९०९८	८९१५४	५६
७८	८९२०९	८९२६५	८९३२१	८९३७६	८९४३२	८९४८७	८९५४२	८९५९७	८९६५३	८९७०८	५५
७९	८९७६३	८९८१८	८९८७३	८९९२७	८९९८२	९००३७	९००९१	९०१४६	९०२००	९०२५५	५४

(७)

१ पासून १००० पर्यंत संख्यांचे लागरथम् (चालू)

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
८०	९०३०९	९०३६३	९०४१७	९०४७२	९०५२६	९०५८०	९०६३४	९०६८७	९०७४१	९०७९५	५४
८१	९०८४९	९०९०२	९०९५६	९१००९	९१०६२	९१११६	९११६९	९१२२२	९१२७५	९१३२८	५३
८२	९१३८१	९१४३४	९१४८७	९१५४०	९१५९३	९१६४५	९१६९८	९१७५१	९१८०३	९१८५५	५३
८३	९१९०८	९१९६०	९२०१२	९२०६५	९२११७	९२१६९	९२२२१	९२२७३	९२३२४	९२३७६	५२
८४	९२४२८	९२४८०	९२५३१	९२५८३	९२६३४	९२६८६	९२७३७	९२७८८	९२८४०	९२८९१	५१
८५	९२९४२	९२९९३	९३०४४	९३०९५	९३१४६	९३१९७	९३२४७	९३२९८	९३३४९	९३३९९	५१
८६	९३४५०	९३५००	९३५५१	९३६०१	९३६५१	९३७०२	९३७५२	९३८०२	९३८५२	९३९०२	५०
८७	९३९५२	९४००२	९४०५२	९४१०१	९४१५१	९४२०१	९४२५०	९४३००	९४३४९	९४३९९	४९

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
८८	९४४४८	९४४९८	९४५४७	९४५९६	९४६४५	९४६९४	९४७४३	९४७९२	९४८४१	९४८९०	४९
८९	९४९३९	९४९८८	९५०३६	९५०८५	९५१३४	९५१८२	९५२३१	९५२७९	९५३२८	९५३७६	४८
९०	९५४२४	९५४७२	९५५२१	९५५६९	९५६१७	९५६६५	९५७१३	९५७६१	९५८०९	९५८५६	४८
९१	९५९०४	९५९५२	९५९९९	९६०४७	९६०९५	९६१४२	९६१९०	९६२३७	९६२८४	९६३३२	४८
९२	९६३७९	९६४२६	९६४७३	९६५२०	९६५६७	९६६१४	९६६६१	९६७०८	९६७५५	९६८०२	४७
९३	९६८४८	९६८९५	९६९४२	९६९८८	९७०३५	९७०८१	९७१२८	९७१७४	९७२२०	९७२६७	४७
९४	९७३१३	९७३५९	९७४०५	९७४५१	९७४९७	९७५४३	९७५८९	९७६३५	९७६८१	९७७२७	४६
९५	९७७७२	९७८१८	९७८६४	९७९०९	९७९५५	९८०००	९८०४६	९८०९१	९८१३७	९८१८२	४५
९६	९८२२७	९८२७२	९८३१८	९८३६३	९८४०८	९८४५३	९८४९८	९८५४३	९८५८८	९८६३२	४५
९७	९८६७७	९८७२२	९८७६७	९८८११	९८८५६	९८९००	९८९४५	९८९८९	९९०३४	९९०७८	४४

(८३)

१ पासून १००० पर्यंत संख्यांचे लॉगरथम् (चालू)

संख्या	०	१	२	३	४	५	६	७	८	९	अंतर
९८	९९१२३	९९१६७	९९२११	९९२५५	९९३००	९९३४४	९९३८८	९९४३२	९९४७६	९९५२०	४४
९९	९९५६४	९९६०७	९९६५१	९९६९५	९९७२९	९९७८२	९९८२६	९९८७०	९९९१३	९९९५७	४४

भाग दुसरा.

---*---

होकायंत्र.

—:S*S:—

लोहचुंबकाकर्षण—अगर चुंबकाकर्षण हा खराखर काय शक्ति आहे हें कळत नाहीं; परंतु लोहचुंबकाचे लोखंडावर व इतर चुंबकावर घडणाऱ्या परिणामांचा अभ्यास करून सर्व चुंबकास साधारण लागूं पडणारे नियम शोधून काढिले आहेत. चुंबक दोन प्रकारचे आहेत. एक स्वाभाविक व दुसरा कृत्रिम. पृथ्वीही स्वतः स्वाभाविक लोहचुंबक आहे. तसाच लोहकान्त हाही स्वाभाविक अथवा सृष्ट चुंबक आहे. कृत्रिम लोहचुंबक हे पाणी दिलेल्या पोलादी कांबीचे सरळ अगर नालाकृति केलेले असतात. पोलादाचे कांबींत चुंबकाचे धर्म आणण्याचे निरनिराळे प्रकार आहेत. (१) दुसऱ्या स्वाभाविक अगर कृत्रिम चुंबकाचे योगानें, (२) विजेच्या प्रवाहानें, (३) अगर घणानें ठोकल्यानें.

चुंबक ध्रुव—चुंबकाच्या प्रत्येक टोंकास ध्रुव म्हणतात. या प्रत्येक टोंकाचे धर्म निरनिराळे आहेत, व त्यास नांवेंही निरनिराळीं आहेत. एकास निळें टोंक व दुसऱ्यास तांबडें टोंक म्हणतात. जर एका चुंबकाचें एक टोंक दुसऱ्या चुंबकाच्या एक एका टोंकापाशीं

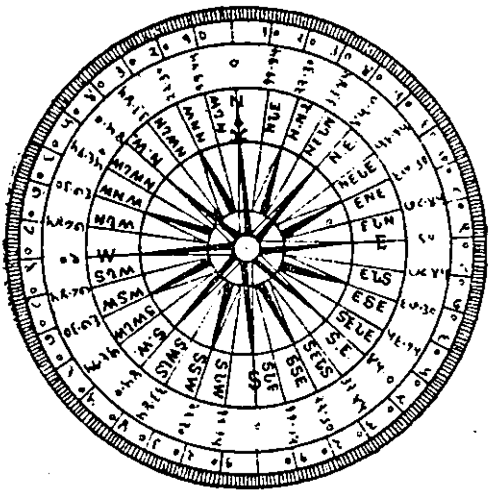
क्रमानें ठेविलें तर असें आढळून येईल कीं, एकाच रंगाचे ध्रुव एकमेकांस दूर सारतात व निरनिराळ्या रंगांचे ध्रुव एकमेकांस जवळ ओढितात. हाच नियम होकायंत्रांतलि ध्रुवांस लागू पडतो. पृथ्वी ही स्वतः, एक लोहचुंबक असल्यामुळें जर लोहचुंबकाची एकादी पट्टी क्षितिजसमांतर फिरेल अशी अलग ठेविली व तिचे टोंकांस, वर सांगितल्याप्रमाणें, एकास तांबडा व दुसऱ्यास निळा असे रंग दिले तर असें आढळून येईल कीं, थोडेसे झोके खाऊन तिचें तांबडें टोंक कोणत्या तरी एकाच दिशेकडे होतें व ती दिशा खऱ्या उत्तरेहून फार निराळी असत नाहीं. यावरून हें उघड होतें कीं, जिकडे लोहचुंबकाचें तांबडें टोंक आकर्षिलें जातें, तिकडे निळ्या रंगाचे टोंकाचे धर्म असणारें पृथ्वीचें ध्रुव अगर टोंक असलें पाहिजे. या निळ्या लोहकांताकर्षणाच्या मध्यास उत्तर लोहकान्त-ध्रुव असें म्हणतात. हा उत्तर लोहकांत-ध्रुव पृथ्वीच्या अगदीं उत्तर ध्रुवाशीं नाहीं; परंतु सर जेम्स रास यांनीं असें शोधून काढिलें आहे कीं, तो बुथिया फेलिक्स नांवाच्या तारकापुंजांत, म्हणजे, उत्तर अक्षांश ७°-९′ व पश्चिम रेखांश ९६°-४६′ कलामध्यें आहे. तसेंच पृथ्वीच्या तांबड्या लोहकांताकर्षणाचा मध्य, म्हणजे जिकडे लोहचुंबकाचें निळें टोंक आकर्षिलें जातें, तो, स्थूल मानानें दक्षिण अक्षांश ७४° आणि पूर्व रेखांश १४७° यांमध्यें आहे. आतां लोहचुंबकाच्या टोंकांस रंग कां देतात तें सांगूं. वरील विवेचनावरून समजून येईल कीं, पृथ्वीचें निळें लोहकांताकर्षण उत्तरेस आहे व तें लोहचुंबकाच्या तांबडे टोंकास आपणाकडे ओढून घेतें. परंतु लोहचुंबकाचें जें टोंक उत्तरेकडे असतें त्यास लोहचुंबकाचा उत्तर ध्रुव म्हणण्याचा प्रघात पडला आहे. हें उघड आहे कीं, लोहचुंबकाच्या तांबड्या टोंकांतील

लोहचुंबकाकर्षणास उत्तर लोहचुंबकाकर्षण म्हणूं नये. कारण तें उत्तर गोलार्धांत जें पृथ्वीचें लोहकान्ताकर्षण आहे त्याहून निराळ्या प्रकारचें आहे; आणि निरनिराळ्या प्रकारचे ध्रुव एकमेकांस आकर्षितात म्हणून तें तांबडें लोहचुंबकाकर्षण दक्षिण गोलार्धांतील पृथ्वीचें लोहकांताकर्षणाच्या जातीचें असलें पाहिजे; याकरितां घोंटाळा होऊं नये म्हणून, लोहचुंबकाच्या उत्तरेकडे राहणाऱ्या टोंकांस तांबडा व दक्षिणेकडे राहणाऱ्या टोंकास निळा असे रंग देतात.

खलाशांचें होकायंत्र—आतां लोहचुंबकाचा होकायंत्रांत उपयोग कसा करून घेतात तें सांगूं.

एक चापट पोलादाची पट्टी घेऊन तिजमध्यें कृतीनें लोहचुंबकाचे धर्म उत्पन्न करितात. नंतर तिचे मध्य-बिंदूंत एक भोंक पाडितात व त्यांत एक सुई बसण्यासारखें भोंक पाडलेला गारेचा खडा बसवितात. नंतर ती पट्टी बारीक सुईचे टोंकावर ठेवितात, त्यामुळें किंचित् सुद्धां घर्षण न होतां ती त्या टोंकावर फिरण्यास मोकळी असते. लोहचुंबकाचे धर्म आल्यानंतर ही पट्टी एकाच विवक्षित दिशेंत स्थिर राहते, असें आढळून आलें आहे. या स्थितींत असतां तिच्या दोन्ही टोंकांतून जाणाऱ्या लंब पातळीस लोहचुंबक (माध्यान वृत्त)-याम्योत्तर वृत्त असें म्हणतात. तें खऱ्या याम्योत्तर वृत्ताशीं मिळत नाहीं. परंतु थोडा फरक असतो. तथापि तें बहुतेक उत्तर दक्षिण दिशाच दाखवितें असें म्हटलें तरी चालेल. ही पट्टी होकायंत्राच्या गंजिफेच्या खालच्या बाजूस चिकटविलेली असते व गंजिफेच्या वरच्या बाजूवर दिशा दाखविलेल्या असतात. या पट्टीच्या योगानें गंजिफेंतील उत्तर दिशा सदोदित खऱ्या उत्तर दिशेकडे फिरते.

दिशाचक्र ही एक वर्तुळाकार गंजिफ असते.—तिच्या परिघाचे ३६०° अंश, आणि बत्तिस दिशा असे भाग केलेले असतात. त्यानें क्षितिजांतील निरनिराळ्या ३२ दिशा कळतात. प्रथमतः एकमेकांशीं काटकोन करणाऱ्या दोन व्यासांनीं त्या गंजिफेचे चार समान भाग करितात. या दोन व्या-



आ० ११

सांचीं चार टोकें हीं—उ० (N.) द० (S.) पू० (E.) प० (W.) या चार मुख्य दिशा होत. या प्रत्येक चतुर्थांशाचे आठ आठ समान भाग करितात. याप्रमाणें त्या वर्तुळ गंजिफवर बत्तिस दिशा दाखविलेल्या असतात. यांस होकायंत्राचे दिशाबिंदु (पॉईंट्स्) असें म्हणतात. या प्रत्येक दिशाबिंदूचे अर्ध आणि पाव भाग केलेले असतात. मुख्य चार दिशांच्या मधील दिशा त्या मुख्य दिशांच्या प्रथम अक्षरांनीं दाखवितात. जसें—

मुख्य दिशाः—N. E. S. W; N.=उत्तर. S.=दक्षिण. E=पूर्व, W=पश्चिम.

उपदिशाः—ईशान्य NE., आग्नेय SE., नैर्ऋत्य S W., वायव्य NW. या दिशा व उपदिशा यांचे मधिल दिशा, त्या मुख्य

दिशांचीं प्रथमाक्षरें उपदिशांच्या अक्षरांस जोडून दाखवितात जसें:—

उत्तर व ईशान्य यांचें मधिल दिश।	N. N. E.	होय.
ईशान्य व पूर्व ,,	E. N. E.	,,
पूर्व व आग्नेय ,,	E. S. E.	,,
आग्नेय व दक्षिण ,,	S. S. E.	,,
दक्षिण व नैर्ऋत्य ,,	S. S W	होय.
नैर्ऋत्य व पश्चिम ,,	W. S. W.	,,
पश्चिम व वायव्य ,,	W. N. W, ...	,,
वायव्य व उत्तर. ,,	N. N. W.	,,

वर सांगितलेल्या दिशांचे मधील दिशेला by हा शब्द लावितात. जसें उत्तर दिशेचे अगदीं जवळील प्रत्येक बाजूचे दिशेस N. by (बाय) E व N by (बाय) W. असें म्हणतात; तसेंच पूर्व दिशेच्या दोन्ही बाजूच्या अगदीं जवळचे दिशेस E by N व E by S असें म्हणतात. ज्या दिशेपासून आपण मोजिलें पाहिजे त्या दिशेचें अक्षर पहिल्यानें लिहिलेलें असतें हें लक्षांत ठेविलें पाहिजे म्हणजे या मधील दिशा लवकर ध्यानांत येतील. जसें:—

N by E म्हणजे उत्तरेपासून पूर्वेकडे एक बिंदू=११°-१५

E by N पूर्वेपासून उत्तरेकडे १ बिंदू.

SE by S म्हणजे आग्नेयेपासून दक्षिणेकडे १ बिंदू

उजवी बाजू व डावी बाजू यांत चूक होऊं न देणें, हें फार अगत्याचें आहे. आपण होक्याच्या (दिशाचक्राच्या) मध्यभागीं उत्तरेकडे तोंड करून उभे आहोंत अशी कल्पना करा. म्हणजे पूर्व आपले उजवे बाजूस येते, व पश्चिम डावे बाजूस येते. यावरून

ईशान्य दिशामार्ग हा सदोदित उत्तरेपासून उजवे बाजूस असतो. व वायव्य मार्ग उत्तरेपासून डावे बाजूस असतो.

आतां दक्षिणेकडे तोंड करून उभे राहिलों असतां, पूर्व डावे बाजूस येते. व पश्चिम उजवे बाजूस येते. तेव्हां आग्नेय मार्ग हा सदोदित दक्षिण दिशेच्या डाव्या बाजूस असतो व नैर्ऋत्य मार्ग हा दक्षिण दिशेच्या उजवे बाजूस असतो.

प्रत्येक वर्तुळाचे ३६० समान भाग (अंश) केलेले असतात. आणि दिशाचक्रावर ३२ समान भाग (दिग्बिंदु) दाखविलेले असतात म्हणून दिशाचक्रावरील कोणतेही जवळील दोन बिंदूंमधील कोण, $\frac{३६०^\circ}{३२}$=११°–१५′–०″म्हणजे, ११¼ अंशाचा असतो. यावरून उत्तरेपासून पश्चिमेकडे एक बिंदु व उत्तर यांचे मधील कोन ११°–१५′ चा असतो व N. N. W. व N. म्हणजे उत्तरेपासून पश्चिमेकडे दोन बिंदु व उत्तर यांचे मध्यें २२°-३०′ चा कोन असतो. त्याचप्रमाणें:–

दिशाचक्रावरील दोन जवळील बिंदूंचे अंतराचे चतुर्थांश म्ह० २°–४८′–४५″ चाकोन;

अर्ध–म्ह० ५°–३७′–३०″ चाकोन

तीन चतुर्थांश म्ह० ८°–२६′–१५″. चा कोन.

एक बिंदु	म्हणजे उत्तरेशीं	११°–१५′–०″	चा कोन.
दोन बिंदु	म्ह०	२२°–३०′–०″	....
तीन बिंदु	म्ह०	३३°–४५′–०″	....
चार बिंदु	म्ह०	४५°–०′–०″	....
पांच बिंदु	म्ह०	५६°–१५′–०	....

सहा बिंदु म्ह० ६७°–३०'–० ....

सात बिंदु म्ह० ७८°–४५'–० ....

* आठ बिंदु म्ह० ९०°–०–० चा कोन.

गमनमार्गाची दिशा—गमनमार्ग हा, उत्तरेपासून अगर दक्षिणेपासून, पूर्वेकडे अगर पश्चिमेकडे, मोजलेला कोन होय. एखादें गलबत जर उत्तरेपासून एक बिंदु पश्चिमेकडे जात असेल, तर त्याचा गमनमार्ग उत्तरेपासून डाव्या बाजूस एक बिंदु आहे असें म्हणतात. जर तें आग्नेयेकडे जात असेल तर त्याचा गमनमार्ग दक्षिणेच्या डावे बाजूस चार बिंदु (पाइंट्स्) आहे, असें म्हणतात. विद्यार्थ्यांना हा गमनमार्ग बरोबर समजून सांगतां येणें हें फार महत्त्वाचें आहे. उदाहरणार्थः—

टीप--काठेवाड व कच्छ मांडवी इकडील खलाशी लोक व मालीम गंजिफेवरील (दिशाचक्रावरील) प्रत्येक बिंदूस खंड म्हणतात. ईशान्य, आग्नेय, नैऋत्य व वायव्य या उपदिशा दाखविणाऱ्या रेघांस लाल असें म्हणतात व ते उत्तरेपासून पूर्वेकडून दक्षिणेपर्यंत जे सोळा दिग्बिंदु, पॉइंट्स्, किंवा खंड होतात त्यांतील प्रत्येकास (नक्षत्रावरून) नांवें देतात तीं अशीं—

N. = ध्रुव = उत्तर ०		उत्तर = ०°
N. by E डाळंब = उ० पा० पूर्वेकडे		१ खंड = ११°–१५'
N. N. E = सातडिसा = उ० पा० पू० कडे		२ खंड = २२°–३०'
N. E by N = उटणी =	,, ,, ,,	३ खंड = ३३°–४५'
N. E = पोईस = उ० पा० पूर्वेकडे		४ खंड = ४५° –०– ईशान्य
N. E by E = गोसगिरी =	,, ,, ,,	५ खंड = ५६°–१५'
E. N E = चीतरो	,, ,, ,,	६ खंड = ६७°–३०'
E. by N = करकता	,, ,, ,,	७ खंड = ७८°–४५'
E. = सरावण उ० पा० पूर्वे०		८ खंड = ९०°—०'=पूर्व
E. by S हरण = द० पा० पूर्वेकडे		७ खंड = ७८°–४५'

[पुढें चालूं.]

जर गलबत पूर्वेपासून एक बिंदु दक्षिणेकडे जात असेल तर त्याचा गमनमार्ग उत्तरेपासून नऊ बिंदु अगर पूर्वेपासून एक बिंदु असें म्हणूं नये; तर दक्षिणेच्या डावे बाजूस सात बिंदु (भाग) आहे, असें सांगावें. ज्या दिशेनें (मार्गानें) गलबत चालवावयास सांगितलें असेल, त्या दिशेनें सुकाणदारास बरोबर बिनचूक नाळ लावितां यावी म्हणून होकायंत्राचे पेटीचे आंत एक उभी काळी रेघ असते, तिला लबर लाईन (रेषा) असें म्हणतात.

होकायंत्र अशा रीतीनें बसवितात कीं, या रेघेपासून जाणाऱ्या त्याच्या व्यासाची रेषा, आणि गलबताचें सुकाणूं आणि नाळ ह्यांस जोडणारी गलबताची लांब मध्य रेषा, ह्या दोन्ही एकाच रेषेंत येतील अगर समांतर असतील. गमनमार्ग दाखविणारा दिशाचक्रावरील भाग(पॉईंट) लबर लाईनवर अगर लबर लाईन जवळ सदोदित ठेवणें हें सुकाणदाराचें मुख्य काम आहे. जर आग्नेय दिशेस (S. E.) गलबत चालविण्यास सुकाणदारास सांगितलें, तर त्यानें सुकाणूं अशा रीतीनें

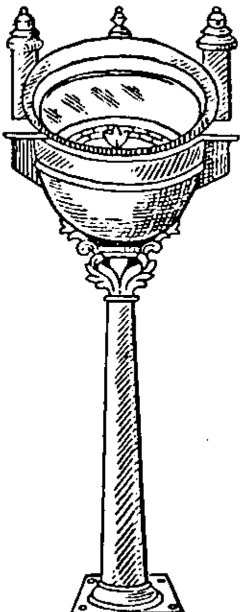
[मागील पृष्ठावरून चालू.]

E. S E	= लोढो =द० पा० पू०	,,	,,	६ खंड	= ६७–३०′	
S. E by E	= जेठावर =	,, ,,	,,	५ खंड	= ५६–१५	
S. E	= कागडो = आग्नये	,,	,,	४ खंड	= ४५–०	आग्नेय
S. E by S	= तोरण =	,, ,,	,,	३ खंड	= ३३–४५′	
S. S E	= चवकी	,, ,,	,,	२ खंड	= २२–३०	
S, by E	= अगस	,, ,,	,,	१ खंड	= ११–१५	
S.	= थंभ = दक्षिण	,,	,,		०	दक्षिण

आतां पूर्वेस हीं नक्षत्रें उगवतांना उत्तरेशीं पूर्वेकडे जेवढा कोन करून उगवतात तेवढाच उत्तरेशीं कोन करून तीं पश्चिमेकडे मावळतात; म्हणून उत्तरेपासून पश्चिमेकडून दक्षिणेपर्यंत प्रत्येक खंडास हींच नांवें देतात व त्यास मावळती कडील (नक्षत्रें) दिशा-खंड (दिग्बिंदु) म्हणतात.

फिरवावें कीं, गलबताची नाळ त्या दिशेस जाईल, म्हणून तो, दिशा-चक्रावरील आग्नेय दिशेवर, लबर लाईन आणतो.

बिन्याकल (Binnacle) म्हणजे **गलबतावरील होकायंत्राची पेटी.** लोहचुंबक पट्टी व तीवरील दिशाचक्र, हीं एका वाटी-(वाडग्या) सारख्या भांड्यांत घालून त्यावर कांच बसवितात, व तें भांडें एका पितळेच्या कड्यास, दोन समोरासमोर आंतून खिळे मारून (म्हणजे कुसें काढून) त्यावर फिरेल असें बसवितात. हें कडें दुसऱ्या एका कड्यास आंतून समोरासमोर गोल खिळे मारून त्यावर फिरेल अशा रीतीनें बसवितात. हे दुसरे दोन खिळे पहिल्या खिळ्यांशीं काट-कोन करून बसविलेले असतात. अशा रीतीनें (गिंबल्स्वर) दिशाचक्र बसविलें असतां गलबताला कसेही हेलकावे बसले तरी दिशा-चक्र सदोदित क्षितिजसमांतरच राहतें. हें होकायंत्र, हवा लागूं नये म्हणून, एका खांबावर पेटींत बसवितात. त्या पेटीस **बिन्याकल** असें म्हणतात. ही पेटी गलबतावरील तक्तपोशीवर बळकट बसवितात, व रात्रीं दिशाचक्र दिसावें म्हणून तिजवर दिवे ठेवण्याची जागा करितात.

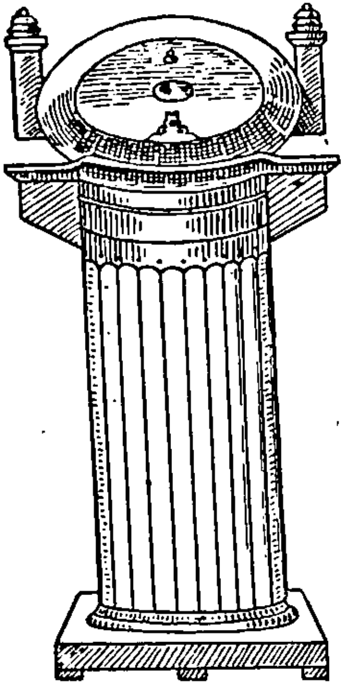


आ० १२
साधे बिन्याकल

कधीं कधीं यांत कंपास (होकायंत्र) बरोबर राखण्याकरितां दुसरें लोहचुंबक व लोखंडाचे तुकडे ठेवण्यास जागा केलेली असते.

बाजूच्या चित्रांवरून निरनिराळ्या प्रकारच्या बिन्याकल्स (होक्याच्या पेट्या) लक्ष्यांत येतील.

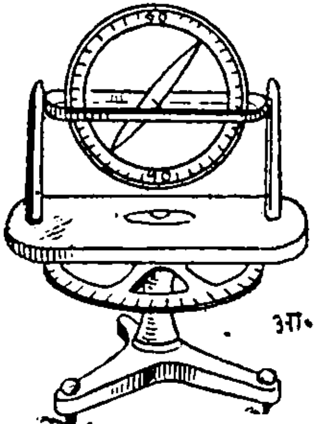
१२ व्या आकृतींतील होक्याच्या पेटीला लोखंडाचे तुकडे ठेवण्याकरितां बाजूस फक्त दोनच कप्पे आहेत; व १३ व्या आकृतींतील पेटींत लोखंडाचे तुकडे व लोहचुंबक ठेवण्याच्या सर्व सोई केल्या आहेत.



आ० १३
लोहचुंबक ठेवण्याच्यासोयी केलेले बिन्याकल

लोहचुंबकाचा कल—लोहचुंबकाची पट्टी तिचें गुरुत्व-मध्यावर समतोल ठेवून ती पाहिजे त्या दिशेस फिरण्यास सुटी असली तरी ती क्षितिज-समांतर राहत नाहीं. उत्तर गोलार्धांत तिचें उत्तर टोंक बरेंच खालीं नमतें, व दक्षिण गोलार्धांत दक्षिण टोंक नमतें, त्याला लोहचुंबकाचा कल असें म्हणतात. (आ. १४) इंग्लंडामध्यें सुमारें ६८° कल आहे. चुंबक मध्य-वृत्तावर चुंबकास बिलकुल कल नसतो. लोहचुंबक-मध्य-वृत्त आणि भूमध्य वृत्त हीं एक नव्हत. परंतु चुंबकमध्यवृत्त भूमध्य-वृत्ताशीं सुमारें ११ अंशांचा कोन करितें, व तें एक अनियमित वक्र रेषेत असतें. या चुंबक-मध्य वृत्तावर लोहचुंबकास कल नसतो, म्हणजे येथें लोहचुंबक-पट्टी क्षितिज-समांतर असते. जसजसें आपण या लोहचुंबक-मध्य-वृत्तापासून चुंबक-ध्रुवाकडे जावें, तसतसा लोहचुंबकाचा कल क्रमाक्रमानें

अधिक होतो. व लोहचुंबक-ध्रुवाजवळ लोहचुंबकाची पट्टी उभी राहते. होकायंत्राचें दिशाचक्र क्षितिज-समांतर राहील असें ठेविलेलें असतें. कारण, नौकानयनास तें तशा स्थितींत फार उपयोगी पडतें. परंतु हें उघड आहे कीं, जसजसा लोहचुंबकाचा कल वाढत जातो, (म्हणजे जसजशी लोहचुंबक पट्टी उभी होत जाते,) तसतसा क्षितिज-समांतर पातळींत उत्तरेकडे फिरण्याचा त्याचा जोर कमी कमी होत जातो. म्हणून लोहचुंबकाचा उत्तरेकडे जाण्याचा जोर लोहचुंबक विषुववृत्तावर अधिक असतो, व लोहचुंबक-ध्रुवाकडे तो कमी कमी होत जातो.



आ०१४

लोहचुंबकाचाकल दाखविणारी लोहचुंबकपट्टी.

चलन—लोहचुंबकाचें उत्तर टोंक खऱ्या उत्तरेकडे क्वचितच असतें. एखाद्या स्थळाचें भू याम्योत्तरवृत्त म्हणजे त्या स्थळामधून व दोन्ही भू ध्रुवांमधून जाणारें व क्षितिजाशीं लंब असणारें माध्यान्हवृत्त होय.

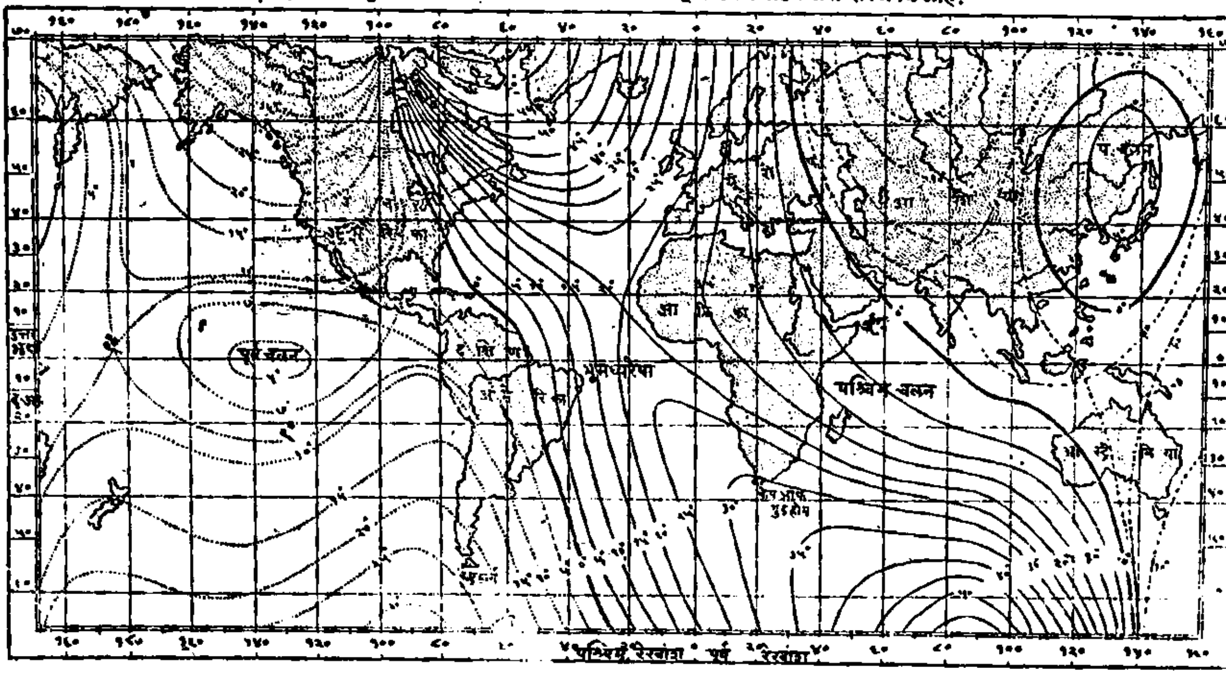
तसेंच त्या स्थलाचें लोहचुंबक-याम्योत्तरवृत्त म्हणजे, त्या स्थलावरील निष्प्रतिबंध रीतीनें क्षितिजसमांतर फिरत असलेल्या लोहचुंबकाच्या दोन्हीं टोंकांतून जाणारें व क्षितिजाशीं लंब असणारें माध्यान्हवृत्त होय, मात्र त्या लोहचुंबकावर पृथ्वीशिवाय

दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थाचें आकर्षण नसावें. ह्या भू-याम्योत्तर व ध्रुव-याम्योत्तर वृत्तांमधील जो कोन त्याला होकायंत्राचें **चलन** (अथवा फेर) असें म्हणतात. अथवा होक्याचें **चलन** म्हणजे जीवर, पृथ्वीशिवाय दुसरें कोणाचेंही आकर्षण नाहीं अशा, लोह-चुंबक पट्टीनें खऱ्या भू-याम्योत्तराशीं केलेला कोन हें होय.

कोणत्याही आकर्षक पदार्थापासून अलग असें होकायंत्र ठेविलें असतां तें बरोबर लोहचुंबक-उत्तर दाखवितें. ही उत्तर व खरी भू-उत्तर यांचेमधील अंतरास होक्याचें **चलन** अगर फेर असें म्हणतात. अनुभवावरून असें कळून आलें आहे कीं, हा फेर अगर चलन हें कोणत्याही एका स्थळीं सदोदित सारखेंच असतें असें नाहीं, परंतु तें बदलत असतें. एका दिशेला अतिशय मोठा कोन करून फिरून त्याचे उलट दिशेस जातें. उदाहरणार्थः— लंडन येथें इ० स० १६५१ चे सुमारास होकायंत्रास बिलकुल चलन नव्हतें त्यापूर्वीं तें पूर्वेकडे होतें, व त्या वर्षानंतर तें पश्चिमे-कडे झालें. तें १८१६ पर्यंत वाढत वाढत २४-३०′ इतकें वाढलें व तेव्हांपासून तें क्रमाक्रमानें दर वर्षास ७′ कलाप्रमाणें कमी कमी होत चाललें आहे. कित्येक स्थळीं होकायंत्रास चलन अगर फेर बिलकुल नसतो. त्या सर्व स्थलांमधून जाणाऱ्या कल्पित रेषांनीं तीं स्थळें जोडतात, व त्या रेषांस कोनशून्य रेषा किंवा चलन-शून्य रेषा म्हणतात. चलनशून्य रेषा ह्या कायमच्या स्थिर नस-तात. पृथ्वीवर तीन अगर अधिक मुख्य कोन-शून्य (अथवा चलनशून्य) रेषा आहेत. त्यांतील मुख्य दोन-एक अमेरिकेंतील, ही उत्तर लोहचुंबक-ध्रुवापाशीं सुरू होऊन, म्हणजे सुमारें केनडी बंदरापासून सुरू होऊन, आग्नेय दिशेनें उत्तर अमेरिकेमधून केप

होक्याचें चलन दाखविणारा पृथ्वीचा नकाशा.

पूर्व चलन बिंदुमय रेषांनीं पश्चिम चलन बारीक रेषांनीं व शून्य चलन जाड रेषांनीं दाखविलें आहे.



हूटरसवरून ह्यूरान व आयर सरोवरांमधून जाऊन पुढें अटलांटिक समुद्रांतून ग्यांडलाक व बारब्याड्रोजमधून राओजनीरिओरोवरून दक्षिण अमेरिका खंड कापून त्याच दिशेनें दक्षिण अटलांटिकमधून दक्षिण ध्रुवाकडे जाते. दुसरी आशियांतील–तीही वायव्येकडून आग्नेय दिशेनेंच जाते, ती प्रथम श्वेत समुद्रांतून निघून कास्पियन व आरबी समुद्रामधून जाऊन विषुवृत्तास ८६ पूर्वरेखांशावर छेदून आस्ट्रेलिया खंडांत १२५° आणि १३०°′ पूर्व रेखांशाच्या दरम्यान शिरून नंतर जरा अधिक दक्षिणेकडे वळून दक्षिण लोहचुंबक ध्रुवाकडे जाते. पूर्व एशिया-मध्यें, सैबेरिया व चीनचे साम्राज्यामधून जाणारी तिसरी एक अंडाकृति चलनशून्य रेषा आहे. या शून्य चलनकोन रेषांच्या एके बाजूस होक्याचें चलन पूर्वेकडे असतें व दुसरे बाजूस पश्चिमेकडे असतें.

सारखा किंवा एकच चलन-कोन करणारीं स्थळें जोडून वक्र रेषा काढिलेल्या असतात, त्यास **समकोन** रेषा म्हणावें. ह्या रेषा फार अनियमित आकाराच्या असतात.

सरकारी आरमारावरील अधिकारी या चलनरेषा दाखविणारा नकाशा प्रसिद्ध करितात, व त्यावर चलनाचे वार्षिक फेरफार दाखवितात. हा नकाशा क्यॉप्टन इव्हानूसनें बनविलेला आहे, व त्याला इव्हान्सचा नकाशा असें खलाशी लोक म्हणतात. (आ. १९ वी पहा.) त्या नकाशावरून ते ज्या स्थलावरून गलबता-मधून जात असतील त्या स्थलाचें होक्याचें चलन पाहून आपला खरा गमन मार्ग काढितात. लंडनमध्यें सध्यां होक्याचें चलन १६$\frac{3}{4}$° पश्चिमेकडे आहे, म्हणजे तेथें लोहचुंबक-ध्रुव हा खऱ्या भू-ध्रुवापासून १६$\frac{3}{4}$ अंश पश्चिमेकडे आहे.

आतां कोणा एखाद्या स्थळीं होकायंत्राचें चलन २२½° अंश अथवा दोन पॉईंट्स् बिंदू पश्चिमेकडे आहे, असें समजा; म्हणजे होकायंत्रावरील N. N. E. ही दिशा क्षितिजावरील खरी उत्तर दाखविते. अशा होकायंत्रानें जर रात्रीं आपण उत्तर ध्रुवाचा कोन पाहिला (म्हणजे वेध घेतला) तर तो ध्रुव N. N. E. ह्या दिशेस दिसेल. ह्मणजे होकायंत्राचा उत्तर बिंदु N. N. E ह्या बिंदूचे जागीं पाहिजे, परंतु तसें नसून तो उत्तर बिंदु खऱ्या उत्तरेच्या डावे बाजूस दोन बिंदु आहे. म्हणून ह्या होकायंत्रास दोन बिंदु पश्चिम चलन आहे. असें म्हणतात. कारण, त्याची उत्तर पृथ्वीच्या लोहचुंबकाकर्षणानें खऱ्या उत्तरेपासून दोन बिंदु पश्चिमेस आकर्षिली गेली आहे.

विचलन—गलबत बांधतांना अगर त्यास दोऱ्या वगैरे लावून तयार करितांना जें लोखंड वापरण्यांत येतें, तसेंच गलबतावर जो लोखंडी माल भरण्यांत येतो, त्याच्या योगानें होकायंत्रावर कांहीं परिणाम घडतो. गलबतावरील या लोखंडानें जो होकायंत्रांत फेरफार पडतो, त्यास **विचलन** असें म्हणावें. होकायंत्राचें स्थानिक चलन आणि हें विचलन यांतील भेद स्पष्ट करण्याकरितां गलबतावरील कोणत्याही पदार्थापासून जो होकायंत्रांत फेरफार होतो, त्यास त्याचें **विचलन** म्हणावें, व गलबताशिवाय इतर बाह्य कारणांनीं जो होकायंत्रांत फेरफार होतो, त्यास त्याचें स्थानिक चलन म्हणावें. विचलनानें होणाऱ्या फेरफाराचा (चुकीचा) विचार करण्यापूर्वी कायम लोहचुंबकाकर्षण व थोडा दिवस कायम राहणारें लोहचुंबकाकर्षण म्हणजे काय तें समजून घेतलें पाहिजे.

आपल्या आकर्षणामध्यें आलेल्या लोखंडासारख्या कित्येक पदार्थांमध्यें लोहचुंबकाचे धर्म उत्पन्न करण्याची शक्ति सर्व लोहचुंबकास असते. हे धर्म मृदु अथवा नरम लोखंडांत तेव्हांच उत्पन्न होतात, मग तें लोखंड कसल्याही आकाराचें असो; आतां पृथ्वी हा एक मोठा लोहचुंबक असल्यामुळें ती कोणत्याही लोखंडी पदार्थांत लोहचुंबक——दक्षिणोत्तर दिशेनें आकर्षण करणारे लोहचुंबकाचे धर्म उत्पन्न करिते. जर लोखंडी पदार्थ एकाच स्थितीमध्यें पुष्कळ वेळ ठेविला व विशेषतः जर त्यावर घणाचे घांव मारिले तर त्यांत पृथ्वीपासून जे लोहचुंबकाचे धर्म उत्पन्न होतात ते, तो पदार्थ तेथून दूर नेला तरी, त्यांत बरेच कायम राहतात; लोहचुंबकांचीं टोंकें लोखंडामध्यें विरुद्ध धर्माचें लोहचुंबकाकर्षण उत्पन्न करितात म्हणून उत्तरध्रुवाकडे लोखंडाचा जो भाग असेल, त्यांत तांबडें (अगर दक्षिण टोंकाचे गुण उत्पन्न होतील आणि दुसऱ्या भागांत उत्तर (निळ्या टोंकाचे) गुण उत्पन्न होतील.

यावरून आतां गलबत बांधितांना त्याची नाळ ज्या दिशेस असते, ती दिशा व त्यावरील लोखंडावर मारिलेले हतोड्याचे घांव यामुळें गलबतांत लोहचुंबकाचे धर्म कसे जागृत होतात, तें कळेल. हे धर्म गलबत तयार झाल्यावर त्याचे स्थित्यंतरामुळें, त्यावर आपटणाऱ्या लाटांमुळें, व खडकावर घांसल्यामुळें बरेच कमी होतात, तरी ते धर्म जोंपर्यंत तें गलबत कायम आहे तोंपर्यंत थोडेबहुत त्यांत राहतील, कधींच समूळ नाहींसें होणार नाहींत. गलबतामध्यें याप्रमाणें जागृत झालेलें लोहचुंबकाकर्षण जें कोणत्याही बाह्य कारणांनीं पुढें कमी होत नाहीं, त्यास थोडे दिवस

कायम राहणारें लोहचुंबकाकर्षण असें म्हणावें. तथापि विद्यार्थ्यांच्या हें लक्ष्यांत येईल कीं, एखादें नवें गलबत तयार होऊन बंदरांतून हाकारल्यावर त्याचे लोहचुंबका-कर्षणांत लाटांनीं वगैरे बराच फरक पडण्याचा संभव आहे.

यावरून लक्ष्यांत येईल कीं, गलबताचे बांधणींत उपयोग केलेलें लोखंड, त्यावरील दोऱ्यांत, नाड्यांत, डोलकाठ्यांत कामास लाविलेलें लोखंड, व त्यावर माल म्हणून भरलेलें लोखंड, या सर्व गलबतावरील लोखंडानें होकायंत्रांत फेरफार होऊन जी चुकी येते, तीस त्याचें **विचलन** म्हणावें. विचलन हें गलबत बांधतांना गलबतामध्यें वापरलेल्या मृदु लोखंडांत पृथ्वीच्या लोहचुंबकाकर्षणानें व त्यावर मारिलेल्या घांवानें उत्पन्न होतें. याचे होकायंत्रावर जे परिणाम घडतात, त्यावरून त्यास अर्धवर्तुल विचलन व काटकोन विचलन अशीं नांवें दिलीं आहेत.

अर्ध वर्तुल विचलन हें गलबतांतील व गलबतावरील उभे लोखंडाचे भागांत उत्पन्न होतें, त्याचे सर्वांत अधिक परिणाम ज्या वेळेस गलबताचें नाळ मुख्य दिशेकडे असतें तेव्हां होतात.

काटकोन विचलन हें पृथ्वीच्या लोहचुंबकाकर्षणानें गलबतावरील क्षितिज-समांतर म्हणजे आडव्या लोखंडाचे भागांत उत्पन्न होतें.

ज्या वेळेस गलबताचें नाळ पूर्व पश्चिम व उत्तर दक्षिण यां मुख्य दिशांकडे असतें, तेव्हां याचा होक्यावर विशेष परिणाम होत नाहीं, परंतु ज्या वेळेस गलबताचें नाळ आग्नेय, वायव्य व

ईशान्य, नैर्ऋत्य या उपदिशांकडे असतें त्यावेळेस काटकोन विचलनाचे परिणाम विशेष घडतात.

यावरून गलबतावरील मृदु लोखंडाचे लांबट पदार्थांवर पृथ्वीजन्य लोहचुंबकाचे जे परिणाम घडतात ते उभ्या लोखंडावर अर्धवर्तुळ असतात, आणि आडव्या लोखंडावर काटकोन असतात हें लक्ष्यांत येईल.

गलबताचे हेलकावे खाणें—होकायंत्राचे विचलनांत गलबताच्या हेलकाव्यानेंही फेरफार होतो;

कारण हेलकावे जितके कमीजास्त असतील त्या मानानें उभे किंवा आडवें लोखंड तिरपें होतें. खलाशास हा फेरफार समजणें व त्याप्रमाणें होक्यांतील चुकी दुरुस्त करणें हें फार अगत्याचें आहे. कारणः—

(१) जसजसें लोह-चुंबक-विषुववृत्तापासून दूर जावें, तसतसे त्याचे परिणाम होक्यावर अधिक होतात, व लोह–चुंबक–विषुववृत्तावर ते कमी होतात; उत्तरगोलार्धांतून दक्षिणगोलार्धांत जातांना व दक्षिणगोलार्धांतून उत्तरगोलार्धांत जातांना त्याची दिशा बदलते. (धनाचे ऋण व ऋणाचे धन होतात.)

(२) उत्तरगोलार्धांत जेथें बहुतकरून पश्चिमेकडील वारा वाहत असतो तेथें दक्षिणेकडे जाणाऱ्या गलबतास पूर्वेकडे नेण्याचा याचा कल असतो.

त्यानें गलबत स्पेन व पोर्तुगालच्या भयंकर किनाऱ्यावर जातें व हवेंत धुकें असल्यामुळें कंपासचे विचलन पाहण्यास साधन नसतें.

होकायंत्र ठेवण्याची जागाः—दोन अथवा अधिक होकायंत्रें एकमेकांस आकर्षितील इतकीं जवळ कधीं ठेवूं नयेत. तसेंच तें

गलबतावरील उभे व लांबट लोखंडाचे पदार्थाजवळ ठेवूं नये; याचें कारण उघड आहे कीं, एखादें जोरदार चुंबकाचे टोंकाचें आकर्षण कंपासाच्या पट्टीवर चालू होईल आणि गलबत जसजसें निरनिराळ्या दिशेनें फिरेल तसतसें अनियमित विचलन होकायंत्रांत उत्पन्न होईल. लोहचुंबकाचा नियम कीं,:—सारख्या नांवांचीं टोंकें एकमेकांस दूर ढकलतात व निरनिराळ्या नांवांचीं टोंकें एकमेकांस आकर्षितात, हा लक्ष्यांत ठेविला पाहिजे. त्या नियमाप्रमाणें दोन होकायंत्रांचीं उत्तर टोंकें एकमेकांस आकर्षितील अशीं जवळ ठेविलीं व त्यांचे मध्य पूर्व–पश्चिम–दिशेंत राहणाऱ्या लंब पातळींत ठेविले तर तीं एकमेकांस दूर लोटतील. त्यांचीं दक्षिण-टोंकें हीं त्याचप्रमाणें एकमेकांस दूर लोटतील. याप्रमाणें तीं दोन होकायंत्रें थोडा वेळ समांतर राहतील. परंतु त्यांचा उत्तर दिशेकडे फिरण्याचा जोर कमी होईल. कारण त्यांचेमधील आकर्षण कमी होईल व त्यांत निरनिराळे फरक पडतील, आणि चुका होतील. जर एक कंपास स्थिर ठेविला आणि दुसरा त्याचे भोंवतीं निरनिराळे कोन करून फिरविला तर त्याच्या मध्यें जे अनियमित फेरफार होतात, ते स्पष्ट रीतीनें दाखवितां येतील.

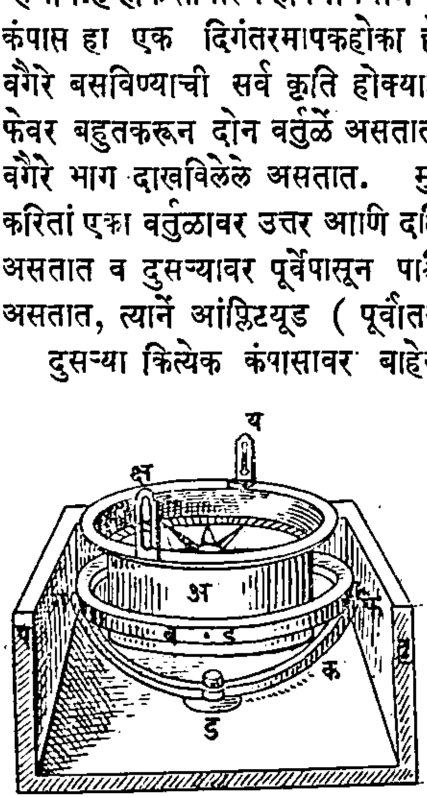
दिगंतरमापक होकायंत्र अथवा क्षितिजांतील कोन पाहण्याचा होका.—

क्षितिज–समांतर पातळींतील कोन पाहण्याचा होका:— याचा उपयोग जरी नाविक ज्योतिषांत मुख्यत्वें करितात, तरी त्याचें येथें थोडक्यांत वर्णन करितों. क्षितिजकोनमापक होक्यानें सूर्य अगर आकाशांतील इतर तारे, यांचे क्षितिजांतील उत्तर अगर दक्षिण बिंदूपासून अंतर ज्यास (आझिमथ) उत्तरांतर अगर दक्षि—

णांतर म्हणतात तें, व त्यांचे उदयाचे वेळेस पूर्व दिशेपासून अंतर आणि अस्ताचे वेळेस पश्चिमबिंदूपासून अंतर ज्यास पूर्वांतर अगर पश्चिमांतर (आंप्लिटयुड) म्हणतात तें, मापितात.

खरें म्हटलें असतां हें क्षितिजांतील अगर क्षितिज—समांतर पातळींतील कोन मापणारें यंत्र होय. यांस **दिगंतरमापकहोका** म्हणावें. हे होके साधारण होक्याप्रमाणेंच केलेले असतात. प्रिझम्याटिक कंपास हा एक दिगंतरमापकहोका होय. व त्यांतील चुंबकपट्टी वगैरे बसविण्याची सर्व कृति होक्याप्रमाणेंच असते. त्याचे गंजिफेवर बहुतकरून दोन वर्तुळें असतात. व त्याचे वर अंश, कला वगैरे भाग दाखविलेले असतात. मुख्य दिशांचें अंतर मोजण्याकरितां एका वर्तुळावर उत्तर आणि दक्षिण बिंदूपासून अंश मांडिलेले असतात व दुसऱ्यावर पूर्वेपासून पश्चिम बिंदुपर्यंत अंश मांडिलेले असतात, त्यानें आंप्लिटयूड (पूर्वांतर व पश्चिमांतर) मापितात.

दुसऱ्या कित्येक कंपासावर बाहेरील वर्तुळाचेच १८० भाग केलेले असतात. उत्तरेस ० शून्य असतें आणि दक्षिणेस १८०° असतात व पूर्व आणि पश्चिम बिंदूवर ९० नव्वद अंश असतात. या होक्यास कोन पाहण्याकरितां दोन पट्या समोरासमोर बसविलेल्या असतात. एका पट्टीच्या चिरेंत एक उभा केंस बसविलेला असतो. व दुसऱ्या पट्टीस फक्त चिर



दिगंतरमापक होकायंत्र आ० १५ अ

असते. कोन मापतांना चिर अगर फट असलेल्या पट्टीमधून समोरच्या पट्टीतील केंस पाहावा. व ज्या पदार्थाचा दिगंतर-कोन पाहावयाचा असेल, त्या पदार्थाचे मध्य भागीं तो केंस येईल असें होकायंत्र फिरवावें. हें यंत्र फिरवितांना गंजिफ फिरत नाहीं. कारण त्यांतील लोहचुंबकपट्टी, जीवर गंजिफ चिकट-विलेली असते, ती सदोदित उत्तर दक्षिणच राहते.

याप्रमाणें पाहणाऱ्याच्या डोळ्याजवळील पट्टीतील फट, केंस, व त्यानें दुभागलेला पदार्थ, हीं एका सरळ रेषेंत जेव्हां येतात, तेव्हांच डोळ्याजवळील फटीसमोर गंजिफेवर जो अंशाचा अंक मांडिलेला असतो तो पाहून लिहून ठेवावा. हा अंक, केंसास-मोरील पदार्थ पाहतांना, एकदम दिसावा म्हणून कित्येक होक्यांत फटीजवळ एक काटकोनतिकोनी बिलोरी कांच बसविलेली असते. अशा होक्यास प्रिझम्याटिक कंपास म्हणतात.

त्या कांचेंतून गंजिफेवरील अंशाचा अंक व वरील फटींतून केंसासमोरील पदार्थ हे एकदम दिसतात. याप्रमाणें सूर्याचे किंवा दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थाचें उत्तरांतर किंवा पूर्वांतर जें पाहिजे तें पाहतां येतें. नाविक ज्योतिषावरून खरें दिशांतर काढितां येतें, तें प्रत्येक स्थळाचे होक्याचें चलन व गलबताचें विचलन मिळवून अगर वजा करून काढितात. गलबतावरील होक्याचें विचलन काढण्याची रीतिः—

मागें सांगितलें आहे कीं, होक्याचें चलन दाखविणारे नकाशे तयार केलेले असतात. त्यांस होक्याचे चलननकाशे म्हणतात.

त्यांवर सारखें चलन असणाऱ्या सर्व स्थलांमधून रेषा काढलेल्या असतात. त्यांवरून खलाशी लोक आपलें गलबत पृथ्वीच्या पाठीवर कोठेंही असलें तरी त्या स्थलाचा चलनकोन तो नकाशा पाहतांच शोधून काढितात. आतां होक्याचें चलन आणि विचलन मिळवून सर्व फेर अगर चूक कळली म्हणजे त्याचें विचलनही समजतें. होक्याची सर्व चूक अगर त्याचा एकंदर फेर हा नाविक ज्योतिषवेधानें काढितात; म्हणजे आकाशांतील सूर्य, तारे वगैरेंचे कोन पाहून एकंदर फेर काढितात. त्यामध्यें त्या स्थळाचें चलन,-त्या चलनकोन-नकाशावरून पाहिलेलें,-मिळवून अगर वजा करून येईल तें विचलन होय. होक्याची एकंदर चूक अथवा फेर कित्येक साध्या रितींनीं काढितां येतो. त्यांतलि एक रीति येथें सांगतों: —

उत्तर गोलार्धांत माध्यान्ह काळीं सूर्य बरोबर दक्षिणेस असतो; म्हणून त्यावेळीं एक लांबसरळ लांकडी*—पट्टी अगर आंखणी होक्याच्या मध्य बिंदूवर आडवी ठेविली, व तिचें एक टोंक बरोबर सूर्याकडे केलें तर ही पट्टी आणि होक्यावरील उत्तर दक्षिणदिशा यांच्यामध्यें जो कोन होतो, तो होक्याचा एकंदर फेर होय. तो लिहून ठेवावा; आतां दिशाचक्रावरील दक्षिण बिंदु जर सूर्याचे डावे बाजूस असला तर चूक पश्चिम दिशेस आहे; जर तो सूर्याचे उजवे कडेस असला तर चूक पूर्व दिशेस आहे. असें समजावें.

म्हणून जर आपणास खऱ्या उत्तर दिशेचें,होक्यावरून उत्तरांतर पाहिजे असेल तर पश्चिम चलन उजवेकडे व पूर्व चलन

---

* ही पट्टी लांकडीच असावी. लोखंडी असल्यास ती होक्यास आकर्षण करील.

डावकडे धरलें पाहिजे, म्हणजे जर आपणास खरी उत्तर काढणें आहे व होक्याचें चलन दोन बिंदु पश्चिमेकडे आहे, तर होक्यावरून ती उत्तर दिशा N. N. E. ही होय. तसेंच जर होक्यावरील उत्तर बिंदु खऱ्या उत्तरेच्या डावे हाताकडे वळलेला दिसला तर चूक किंवा फेर पश्चिमेकडील आहे व उजवेकडे असेल तर चलन पूर्वेकडे आहे असें समजावें. होक्याचा एकंदर फेर समजला म्हणजे चलन किती व विचलन किती हें काढतां येणें शक्य आहे. होक्याचें विचलन, हें दिशाचक्रावरील प्रत्येक दिग्बिंदूस निरनिराळें असतें. होक्यावरील प्रत्येक दिशेचें विचलन काढण्याच्या पुष्कळ रीति आहेत. त्यांतील अतिसोपी रीति खालीं दिलेली आहे. (ती सदोदित अगदीं बरोबरच असते असें नाहीं.) ती अशी:—

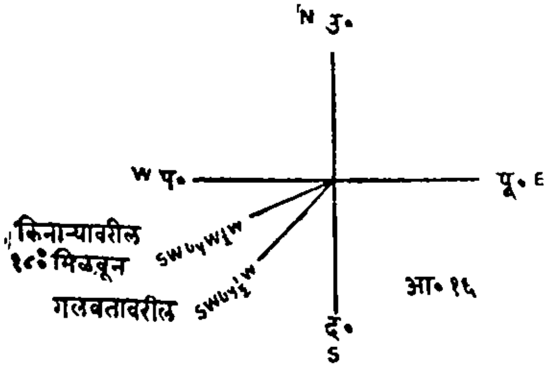
या रीतींत दोन खऱ्या होक्यांचा उपयोग करितात, एक खरा होका गलबतावर ठेवितात. व दुसरा किनाऱ्यावर ठेवितात. ते होके असे ठेविलेले असतात कीं, गलबत सभोंवार फिरविलें तरी प्रत्येक होका पाहणाऱ्या मनुष्यास दुसरा होका स्पष्ट दिसावा आणि प्रत्येक होक्याचें उत्तरांतर दुसऱ्या होक्यापासून पाहतां यावें. किनाऱ्यावरील होका कोणत्याही स्थानिक आकर्षक पदार्थापासून अलग असावा; म्हणजे त्यावर पृथ्वीशिवाय दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थाचें आकर्षण चालूं नये. आणि त्यानें बरोबर चुंबक-याम्योत्तर दाखवावें. अशा व्यवस्थेने दोन्ही होके ठेविल्यानंतर होक्याचे दिशाचक्रावरील ३२ दिशांपैकीं प्रत्येक दिशा—बिंदूकडे गलबताचें नाळ होईल असें गलबत फिरवितात. गलबत प्रत्येक दिशेकडे

फिरत असतानां (सांकेतिक खुणा करून) गलबतावरील होक्यानें जमीनविरील होक्याचें उत्तरांतर पाहतात व लिहून ठेवितात; व त्याच वेळेस जमिनीवरील होक्यानें गलबतावरील होक्याचें उत्तरांत्तर पाहतात, व लिहून ठेवितात. नंतर किनाऱ्यावरील होक्याचे प्रत्येक उत्तरांतरांत (दोन्ही होक्यांचीं उत्तरांतरें एकाच दिशेनें पाहिलीं असतां काय येतील तें काढण्याकरितां) १८० अंश मिळवून, तीं गलबतावरील होक्यानें पाहिलेल्या उत्तरांतरांशीं ताडून पाहतात. या दोन्ही उत्तरांतरांतील प्रत्येक दिशेचा फरक, तें त्या गलबतावरील होक्याचे, ज्या दिशेकडे गलबताचें नाळ असतांना तें उत्तरांतर पाहिलें असेल, त्या दिशेचें विचलन होय. या रीतीस कधीं कधीं होक्याचें परस्पर (अरसपरस) उत्तरांतर पाहून विचलन काढण्याची रीति असें म्हणतात. समजूतीकरितां उदाहरणानें याचें स्पष्टीकरण करूं या.

उ०—गलबताचें नाळ N. N. W. कडे असतांना, गलबतावरील होक्यानें किनाऱ्यावरील होक्याचें उत्तरांतर S. W. $\frac{1}{2}$ w. इतकें आलें; व किनाऱ्यावरील होक्यानें गलबतावरील होक्याचें उत्तरांतर N. E. by E. $\frac{1}{2}$ E. हें आलें; तर विचलन किती ?

किनाऱ्यावरील होक्याचे उत्तरांतरांत १८०° मिळवून दोन्ही उत्तरांतरें ताडून पहावी व विचलन किती आहे, तें पहावें; दोन्ही उत्तरांतरांतील अंतर तें विचलन होय. हें विचलन पूर्व आहे किंवा पश्चिमेकडे आहे तें पाहण्याकरितां खालील आकृती काढावी:—

आतां Sw ½ w 'हें गलबतावरील होक्याचें उत्तरांतर हें दक्षिण बिंदूपासून ४½ बिंदु उजवेकडे आहे. व किनाऱ्यावरील होक्याचें उत्तरांतर ५½ बिंदु दक्षिण बिंदूच्या उजवेकडे आहे. त्यांमधील



फेर पाहतां १ बिंदु हें विचलन आहे असें समजतें, व खरें उत्तरांतर गलबताच्या उत्तरांतराच्या उजवेकडे आहे म्हणून विचलन हें पूर्वेकडील आहे. म्हणजे जेव्हां जेव्हां गलबताचें नाळ NNW या दिशेस असतें तेव्हां तेव्हां गलबतावरील खऱ्या होक्याचें विचलन एक बिंदु पूर्वेकडे असेल (११$\frac{1}{4}$° पूर्व.) जर किनाऱ्यावरील होक्याचें उत्तरांतर, म्ह० खरें उत्तरांतर गलबतावरील होक्याच्या उत्तरांतराचे डावेकडे असतें तर विचलन पश्चिमेकडील झालें असतें. याप्रमाणें प्रत्येक दिशाबिंदूकडे गलबताचें नाळ फिरवून त्या दिशेचें विचलन बरोबर वर लिहिल्याप्रमाणेंच काढितात. व दिशाचक्रावरील ३२ दिग्बिंदूंचें कोष्टक करून त्यापुढें प्रत्येक दिग्बिंदूचें विचलन खालीं लिहिलेल्या कोष्टकाप्रमाणें लिहितात.

विचलन कोष्टक.

यांतील पहिल्या घरांत गलबतावरील होक्यानें दाखविलेल्या ज्या दिशेकडे गलबताचें नाळ असतें ती दिशा दिली आहे. व दुसऱ्या घरांत त्या दिशेस नाळ असतां होक्याचें विचलन किती तें दिलें आहे.

होक्यावरून नाळेची दिशा.	विचलन.	हो० ना० दि०	विचलन.	हो० ना० दि०	विचलन.	हो० ना० दि०	विचलन.
N.	२°—३०′ पू.	E.	६°—४० पू.	S.	२°—४५′W.	W.	८°—०′ प०
N. by E.	३°—४०′	E. by S.	५°—४०′	S. by W.	३°—५०′	W. by N	७°—४०′
N. N. N.	५°—४०′	E. S. E.	४°—४०′	S. S. W.	५°—२०′	W. N. W.	६°—४०′
N.E byN.	६°—५०′	S. E. by E.	३°—४०′	S. W. by S.	६°—०′	N.W.byW.	५°—४०′
N.E.	८°—०′	S. E.	२°--०′	S. W.	६°—३०	N. W.	४°—३०
N.E.byE.	८°—१०′	S. E. by S.	१°--०′	S.W. byW.	७°—३०	N.W. by N.	३—१०
E. N. E.	७°--२०′	S. S. E.	०-३०′W.	W. S. W.	७°—४९	N. N. W.	१—५०
E. by N.	७°—३५′	S. by E.	१°--३०′	W. by S.	८°—१०	N. by W.	०—४० E.

नियमः—दोन होक्यांच्या परस्पर उत्तरांत्तरावरून विचलन काढण्यास, किनाऱ्यावरील होक्याचे उत्तरांत्तरांत १८० मिळवून गलबतावरील होक्याच्या उत्तरांत्तराशीं तें ताडून पाहून फेर काढावा; नंतर एकमेकांशीं काटकोन करणाऱ्या दोन रेघा काढाव्या, त्या दोन रेघांचीं चार टोंकें हे चार मुख्य दिशाबिंदु समजावे व तीं निरनिराळीं उत्तरांत्तरें दाखविणाऱ्या दोन रेघा काढाव्या, आणि आपण होक्याच्या मध्यभागीं आहों अशी कल्पना करावी; नंतर जर किनाऱ्यावरील म्हणजे खरें उत्तरांत्तर गलबतावरील उत्तरांत्तराच्या उजवीकडे असेल तर विचलन पूर्वेकडे आहे, व डावीकडे असलें तर विचलन पश्चिमेकडे आहे असें समजावें.

होक्याचें चलन व विचलन यावर प्रश्नः—

(१) होक्याचें चलन म्हणजे काय व विचलन म्हणजे काय ? तें स्पष्ट करून सांगा.

(२) चलन, विचलन, व स्थानिक आकर्षण यांच्या व्याख्या सांगा. चलन कशावर अवलंबून असतें व तें कोणत्या नियमित प्रकारानें बदलतें तें थोडक्यांत सांगा.

(३) चलन व विचलन यांत फेर काय व विचलन कसें काढावें तें सांगा.

(४) लोखंडाचे गलबतावरील होक्याचें विचलन मुख्यत्वें कोणत्या कारणांनीं होतें ?

भाग तिसरा.

—:*:—

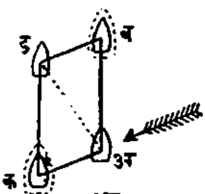
[गमनमार्गांतील चुकी सुधारणें म्हणजे होक्यानें दाखविलेल्या गमन-मार्गांतील फेर काढणें हा एक नौकानयनांतील मुख्य भाग आहे.]

निवाऱ्याकडील कोन– ज्या वेळीं गलबत शीड चढवून वाऱ्याच्या बहुतेक समोर जात असतें म्हणजे तें वाऱ्याशीं जवळ जवळ सहा दिग्बिंदु इतका (६७°–३०′चा) कोन करितें, (कारण त्याहून लहान कोन करून वाऱ्यासमोर गलबतास शीड चढवून नेतांच येणार नाहीं.) त्यावेळीं गलबताचे बाजूवर व शिडांवर जो वाऱ्याचा जोर लागतो, व त्याचे बुडावर समुद्राच्या लाटांचा जो वेग लागतो, त्याच्यायोगानें गलबत निवाऱ्याकडे जात असतें. म्हणजे जिकडून वारा येतो त्याचे उलट दिशेस जात असतें, त्यामुळें गलबताचें नाळ ज्या दि-शेस असतें त्याच दिशेनें गलबत बरोबर जात नाहीं; परंतु थोडेंसें ती दिशा सोडून जातें. गलबत आपला मार्ग सोडून जितकें दूर जातें त्याला गलबताचें **निवाऱ्याकडे** जाणें अथवा **विमार्गगमन** म्हणावें. खरें म्हटलें तर गलबत नेण्याची दिशा व गलबत खरो-खरी ज्या दिशेनें जातें ती दिशा, यांच्यामधील जो कोन त्यास **विमार्गगमनकोन** अथवा **निवाऱ्याकडील कोन** म्हणावें; किंवा आपण गलबत ज्या दिशेनें नेण्याचा प्रयत्न करितों ती दिशा व वारा आणि लाटा यांच्या जोरानें खरोखर तें ज्या दिशेनें जातें ती दिशा,

यांच्यामधील कोनास गलबताचा विमार्ग-गमन-कोन अथवा निवाऱ्याकडे जाण्याचा कोन (आडमार्गानें जाण्याचा कोन) असें म्हणावें. हा निवाऱ्याकडे जाण्याचा कोन लहान अगर मोठा असणें हें गलबताच्या दोऱ्या व नाडे, त्यावरील एकंदर व्यवस्था व ठाकठिक, त्यावरील शिडें व गलबताचा पाण्यांत बुडालेला भाग, वगैरे गोष्टींवर अवलंबून असतें. जर वारा साधारण जोराचा असला तर बहुतकरून गलबत ज्या मार्गानें जावयाचें असेल त्याच मार्गानें जाईल. परंतु गलबत फार हळू चालत असलें व गलबताच्या बाजूवर अगर समोरून तिरकस लाटा येत असल्या तर मात्र तें आडवाटेनें जाईल, म्हणजे आपण ज्या दिशेवर सुकाणूं लावून गलबत नेऊं पाहतों त्या दिशेस न जातां लाटांनीं वाऱ्याच्या उलट दिशेस जाईल. पूर्वीं गलबतावर जितकीं शिडें उभारित असत त्या मानानें निवाऱ्याचा कोन घेत असत. परंतु हल्लीं तो कोन निराळ्या रीतीनें काढितात ती रीति अशीः—

गलबताच्या पाठीमागील तक्तपोशीवर एक वर्तुळपाद किंवा वर्तुळ-चतुर्थांश काढितात. त्याच्या मध्यांतून त्या वर्तुळपादावर फिरेल अशी एक त्रिज्या बसवितात. त्या त्रिज्येच्या शेवटास एक खांचणी बसवितात; तिजमध्यें बुडीदची दोरी येते. जेव्हां बुडीद वर उचलतात तेव्हां तिची दोरी त्या खांचणींत कांहीं वेळ ठेवितात आणि नंतर बुडीद वर ओढितात. त्रिज्येच्या खांचणींत बुडीदची दोरी आली म्हणजे ती त्रिज्या त्या वर्तुळपादावर विमार्गगमनकोन (आडमार्गाचा कोन) दाखविते.

खरा गमनमार्ग काढितांना विमार्गकोन सदोदित वाऱ्याच्या उलट दिशेचा असतो. वाऱ्यानें गलबत कोणच्या दिशेकडे जाईल तें लक्ष्यांत आणून त्याप्रमाणें विमार्गकोन वजा करावा अगर मिळावा. म्हणजे खरा गमनमार्ग कोन निघेल.



आ॰१७

अ ठिकाणीं एक गलबत आहे, (आ० १७ पहा.) व तें अ ब दिशेनें शीड चढवून जात आहे. वारा ईशान्य आणि उत्तर यांच्या मधील दिशेनें म्हणजे E. N. E. या दिशेनें येत आहे असें समजा. आतां वारा मुळींच नसता तर तें गलबत एका तासांत अ पासून ब पर्यंत गेलें असतें व त्यास वारा नेईल तिकडेच जाऊं दिलें असतें तर एका तासांत तें अ पासून क पर्यंत गेलें असतें असें समजा. यंत्रशास्त्राच्या मूलतत्त्वावरून ह्या दोन्ही गति एकदम त्या गलबतास मिळाल्या असतां तें एका तासाचे शेवटीं ब एथेंही जाणार नाहीं किंवा क येथेंही जाणार नाहीं. परंतु अ ड मार्गानें ड येथें जाईल. व अ ड मार्ग हा अ ब ड क या पुरा केलेल्या समांतरभुज चौकोनांचा कर्ण होईल. व अ ब आणि अ क या गती दाखविणाऱ्या त्या चौकोनांच्या लगतच्या दोन बाजू होतील. म्हणून (लींवे) आडमार्गाचा कोन हा वाऱ्याच्या उलट दिशेनें धरला पाहिजे. जर वारा गलबताच्या उजवे बाजूनें (स्टार बोर्ड) येत असेल तर विमार्गकोन डावे बाजूकडे धरावा व जर तो वारा डावे (पोर्ट) बाजूकडून येत असेल तर विमार्गकोन उजवे बाजूकडे धरावा.

जेव्हां वारा बरोबर गलबताचे पाठीमागून येतो तेव्हां त्यास पाठचा वारा (आफ्ट विंड) असें म्हणतात.

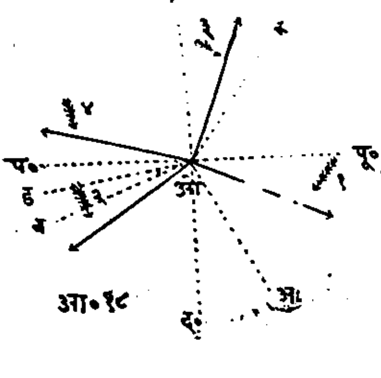
खालील उदाहरणें सोडवितांना होक्यानें दाखविलेल्या दिशेवरून खरा गमन मार्ग काढण्याकरितां सांगितलेला गमनमार्ग उत्तरेच्या अथवा दक्षिणेच्या उजवे अगर डावे बाजूस जितके दिशा-बिंदु अथवा अंश असेल तें लिहा.

नंतर पहिल्यानें विमार्ग-गमनकोन किंवा आड मार्गानें जाण्याचा कोन वाऱ्याच्या उलट दिशेनें वजा करावा अगर मिळवावा नंतर पूर्वेकडील चलन उजवेकडे धरावें व पश्चिमेकडील डावेकडे वजा करावें. विचलनही त्याचप्रमाणें वजा करावें अगर मिळवावें.

टीप—चलन व विचलन हीं जर एकाच बाजूचीं असलीं तर त्यांची बेरीज करून तीं एकदम वजा करावींत अगर मिळवावींत व जर तीं एकमेकांच्या उलट दिशेचीं असतील, तर त्यांची वजावाकी करून नंतर बाकी बाद करावी अथवा मिळवावी.

उदाहरणें:—

(अ) उदाहरण:—(१) लें. एक गलबत E.S.E. या होकायंत्राच्या दिशेनें जात आहे. चलन व विचलन मिळून $२\frac{३}{४}$ बिंदू पूर्वेकडे आहे. वारा (N. E.) ईशान्य दिशेचा आहे. व त्यानें $\frac{३}{४}$ बिंदूइतका आडमार्ग कोन होत आहे; तर खरा गमनमार्ग कोणता तें सांगा:—



आ. १८

आतां होकायंत्रानें दाखविलेला गमनमार्ग E. S E. हा सहा दिग्बिंदु किंवा ६७°-३०' दक्षिणेच्या डावीकडे, आहे म्हणून.

होक्यावरून गमनमार्ग	६७°–३०'–०"	द० डावेकडे
विमार्गकोन $\frac{3}{4}$ बिंदु वजा	=८°–२६'–१५"	द० उजवीकडे
	५९°–३'–४५"	द० डावेकडे
चलन व विचलन मिळून २$\frac{3}{4}$ बिंदु	=३०–५६–१५"	द० उजवीकडे
म्हणून खरा गमनमार्ग	२८°–७'–३०"	द० डावेकडे म्ह० पूर्वेस.

टीप—(१) या उदाहरणांत गमनमार्ग E. S. E आग्नेय व पूर्व यांच्यामध्यें आहे, म्हणजे होक्याच्या गंजिफेच्या मध्यबिंदूशीं उभे राहून दक्षिणेकडे तोंड केलें अशी कल्पना केली असतां, E. S. E. हा गमनमार्ग दक्षिणेच्या डावीकडे ६ बिंदु आहे. व वारा (N. E.) ईशान्य दिशेनें येतो तो अर्थात् गलबतास दक्षिणेकडे नंबर १ च्या बाणाच्या दिशेनें नेईल. म्हणून खरा गमनमार्ग काढतांना आपण निवाऱ्याचा कोन वजा केला पाहिजे. (आ॰ १८ पहा.)

चलन व विचलन मिळून २$\frac{3}{4}$ बिंदु पूर्वेस इतकी होक्याची एकंदर चुकी आहे म्हणजे होक्याचा उत्तरबिंदु २$\frac{3}{4}$ बिंदूइतका खऱ्या उत्तरेच्या पूर्वेस किंवा उजवेकडे आहे: म्हणून खरा गमनमार्ग काढण्यास आणखी दक्षिकडे गेलें पाहिजे म्हणून चलन व विचलन मिळून ३०°–२६'–१५" इतके वजा करून खरा गमनमार्ग दक्षिणेच्या डावेकडे २८°-७'–३०" इतका आला.

(ब) उदाहरण (२ रें).. होक्यानें दाखविलेला गमनमार्ग किंवा गमनदिशा S. W. बाय W. म्हणजे नैर्ऋत्येपासून पश्चि-

मेस एक बिंदु आहे; चलन $१\frac{३}{४}$ बिंदु E. म्ह. पूर्वेकडे आहे, विचलन १४° पूर्वेकडे आहे; व वारा N. N. W. म्ह. वायव्य व उत्तर यांच्या मधील दिशेनें वाहतो आहे, व तो $१\frac{१}{४}$ बिंदूइतका विमार्गकोन करित आहे; तर खरा गमन मार्ग कोणता तें सांगा.

होक्यावरून गमनमार्गाची दिशा W. S. by. W. म्हणजे

दक्षिणेकडून पश्चिमेस	५ बिंदु=५ बिंदु द० उजवेकडे	
विमार्ग गमनकोन	$१\frac{१}{४}$ बिंदु द० डावेकडे	
वजा करून, गमनमार्ग द० प०	$३\frac{३}{४}$ बिंदु द० उजवेकडे	
....	$३\frac{३}{४}$ बिंदु=	$४२^\circ-११'-१५''$ द० उ०
चलन $१९^\circ-४१'-१५''$ विचलन $१४^\circ-०'-०''$ पूर्वेस	=	$३३^\circ-४१'-१५''$ द० उ०
म्हणून खरा गमनमार्ग		$७५^\circ-५२'-३०''$ द० उ० म्ह० पश्चिमेस.

म्हणून खरा गमनमार्ग—$७५-५२'-०द०''$ पश्चिमेकडे

टीप—(ब) ह्या उदाहरणांत गलबत आपल्या होक्यावरून S. W. by W. म्हणजे दक्षिणेकडून उजवीकडे म्ह० पश्चिमेस ५ बिंदु ह्या गमनमार्गानें जाते; आपण निवाऱ्याचा कोन डावेकडे धरता; कारण गलबतांच्या डावे बाजूवर वारा लागून तो गलबतास अधिकच दक्षिणेकडे नेतो. कारण वारा NNW. या दिशेने येत आहे म्हणजे आकृतींत २ नंबरच्या बाणानें दाखविलेल्या दिशेने येत आहे, व तो गलबतास दक्षिणेकडे नेत आहे; म्हणून निवाऱ्याचा कोन वजा करावा. चलन $१\frac{३}{४}$ बिंदु पूर्वेकडे आहे म्हणजे होक्याचा उत्तर बिंदु पूर्वेकडे गेला आहे; म्हणून चलन उजवे बाजूस मिळविलें पाहिजे म्हणजे पश्चिमेजवळ गमनमार्ग जाईल. विचलन ही

अगदीं याचप्रमाणें मिळवावयाचें. येथें चलन व विचलन दोन्ही एकाच दिशे-कडील म्हणजे पूर्वेकडील असल्यामुळें आपण त्यांची बेरीज करितों व ती उजवेकडे मिळवितों. यावरून स्पष्ट होतें कीं, हें गलबत आपल्या होक्यावरून जरी ५६°–१५′ (S. W. W.) या दिशेनें जातें तरी तें खरोखर दक्षिणे-कडून ७५°–५२′–३०″ इतके पश्चिमेकडे जातें म्हणून हा त्याचा खरा गमन-मार्ग होय. ही दिशा आकृतींत " ब " रेषेनें दाखविली आहे.

उदाहरण–(३) रें. एक गलबत होकायंत्रावरील N. N. E. म्ह० उत्तर व वायव्य यांच्या मधील दिशेनें जाण्याचा यत्न करीत आहे. होक्याचें चलन २३/४ बिंदु पश्चिमेकडे आहे व विचलन १६°–८′ (E.)पूर्व दिशेकडे आहे. वारा(N. W.) वायव्य दिशेकडचा आहे. व त्यामुळें गलबत २ दोन दिग्बिंदूंचा कोन करून आडमार्गानें जात आहे. तर यावरून खरा गमनमार्ग काढा.

होक्यानें दाखविलेला मार्ग N. N. E. म्हणजे उत्तरेच्या उ-जवेकडील २ बिंदू N. २ उ.–उजवीकडे

विमार्गकोन--N. २ उ.–उजवीकडे

जाण्याचा मार्ग N. ४. उ. उजवीकडे

म्हणजे=उत्तरेच्या–४५°— ०′ पूर्वेस म्ह०

चलन २५°–१९′ पश्चिमेकडे	} अंतर ९°–११′ पश्चिमेकडे	
विचलन १६°–८′ पूर्वेकडे		म्ह० उ० डा०

म्हणून खरा गमनमार्ग ३५°–४९′ उत्त. उजवे०

म्हणजे उत्तरेकडून ३५°–४९′ पूर्वेकडे.

टीप—(क) ह्या उदाहरणांत गलबत आपल्या होक्यावरून N. N. E. ह्या दिशेनें जातें, म्हणजे उत्तरेच्या दोन बिंदु उजवे बाजूनें जातें. वारा (३) या बाणानें दाखविल्याप्रमाणें N. W. वायव्य दिशेनें येतो म्हणजे

तो गलबताच्या डावे बाजूवर लागून गलबतास अधिक पूर्वेकडे नेतो. म्हणजे तो कोन अधिक मोठा होतो. म्हणून आपण निवाऱ्याकडील कोन मिळविला पाहिजे, म्हणजे खरा गमनमार्ग ४५° ईशान्य दिशा हा आला. आतां चलन २$\frac{३}{४}$ बिंदु पश्चिमेस आहे व विचलन १६°-८' पूर्वेस आहे. हीं निरनिराळ्या दिशेचीं असल्यामुळें त्याचें अंतर ९°-११'-०" हें मोठ्या रकमेकडील म्हणजे पश्चिमेकडील झालें; ही होक्याची एकंदर चुकी होय. ही आपण ईशान्य N. W. दिशेच्या पश्चिमेकडे (म्हणजे डावीकडे) लावितों म्हणजे वजा करून गमनमार्ग-कोन लहान करितों. यावरून खरा गमनमार्ग उत्तरेकडून ३५°-४९' पूर्वेस हा होय. व तो (क) ह्या रेषेनें दाखविला आहे.

उदाहरण-(४) थें. होक्यानें दाखविलेला गमनमार्ग W. by N. म्हणजे पश्चिमेकडून उत्तरेकडे एक बिंदु आहे, चलन दोन बिंदु पूर्वेकडे आहे; विचलन २१° पश्चिमेकडे आहे व विमार्गकोन (आडवाटेनें जाण्याचा कोन) दोन बिंदु आहे व वाऱ्याची दिशा उत्तरेकडून एक बिंदु पश्चिमेकडे आहे. यावरून खरा गमनमार्ग काढा.

W. by N. पश्चिमेकडून उत्तरेकडे एक बिंदु म्हणजे उत्तरेच्या डावीकडे ७ बिंदु. =७८°-४५'-०" उ०

डावेकडे

निवाऱ्याकडील कोन २ बिंदु.	=२२°-३०'-०" उ. डा.
गमनमार्ग	१०१°--१५'--०" उ. डा.
चलन २२°—३०' पूर्व E. }	अंतर १°—३०'—०" उ.
विचलन २१°-०' पश्चिम. W. }	उजवीकडे
	९९°—४५'—०"
हा १८० त वजा केला	१८०—०'—०"
म्हणून खरा गमनमार्ग	८०—१५'—०"
	दक्षिणेच्या उजवेकडे
अथवा दक्षिणेकडून पश्चिमेकडे	८०°—१५'—०"

टीप--वरील उदाहरणांत निवाऱ्याकडील कोन मिळविल्यानंतर चलन विचलन मिळून एकंदर चुकी वजा केली. व गमनमार्ग ९० पेक्षां अधिक आला म्हणजे, आपण उत्तरेकडून पश्चिमेच्या पलीकडे गेलों व दाक्षिणेच्या जवळ आलों म्हणून १८०° मधून गमनमार्ग वजा केला व दक्षिण दिशेपासून मोजिलें म्हणजे दक्षिणेकडून ८०°–१५′ पश्चिमेकडे हा खरा गमनमार्ग आला.

(ई) उदाहरण (९) वें. एक गलबत होक्यानें दाखविलेल्या N. W½W. दिशेनें जात आहे. होक्याचें चलन २¼ बिंदु पश्चिमेकडे आहे. वारा नैर्ऋत्य (S.W.) दिशेचा आहे. विमार्गकोन ¼ बिंदु आहे व विचलन ५⅗ पूर्वेकडे आहे, यावरून गलबताचा खरा गमनमार्ग काढा.

होक्याची दिशा उ० ४¾ बिंदु पश्चिमेकडे अथवा डावेकडे
विमार्गकोन उ० ¼ बिंदू उजवेकडे

∴ गमनमार्ग उ० ४½ बिंदु पश्चिमे० म्ह० ९०-२७′-२०″-उ. डा.

चलन २५°–१८′–४९″ डाविकडे	अंतर १९°–३८′–४५″ उ. डा.
विचलन ९°–४०′–०″ उजविकडे	७०°–१६′–१५ उ.डा.

∴ खरा गमनमार्ग उत्तरेकडून ७०–१६′–१५″ पश्चिमेकडून हा होय.

टीप (इ) या उदाहरणांत वारा डावे बाजूचा आहे व तो गलबतास उत्तरेकडे नेत आहे म्हणजे गमन मार्ग कोन लहान करित आहे म्हणून आपण तो होक्याच्या गमन मार्गातून वजा केला पाहिजे. चलन व विचलन निरनिराळ्या दिशेची असल्यामुळें त्यांची वजाबाकी करून एकंदर चुकी १९°–३८′–४५″ पश्चिमेकडील आली ती मिळविली असतां खरा गमन मार्ग उत्तरेकडून ७०°–१६′–१५′ पश्चिमेस आला.

पुढें दिलेल्या होक्यावरील गमनमार्गावरून खरे गमनमार्ग काढा:—

अ०नं०	होक्यावराल गमन मार्ग.	चलन.	विचलन.	वाऱ्याची दिशा.	लित्रे कोन.	खरा गमनमार्ग.
१	N. उत्तर.	२३° पश्चिम.	४°–१५′ पूर्व E.	S. by E.	०	उत्तरेकडून१८°-४५′पश्चि
२	W. N. W.	२ बिंदु E. पूर्व.	८° W. पश्चिम.	S. W. नैर्ऋत्य.	२ बिंदु	उ० ३०°–३०′ पश्चिमेस.
३	N. E. by E.	१¾ बिंदु पूर्व.	१८° पूर्व	S. E. by E. आग्नेयेकडून पूर्वेकडे१ बिंदु	२ बिंदु.	उ०७१°-२६′-१५″पूर्वेस.
४	S. S. E.	२७°–३७′ पूर्व	५° पश्चिम.	S W.	१½ बिंदु.	द०१६°-५२′-३०″पूर्वेस.
५	दक्षिण.	११°–१५ पश्चिम.	६° पश्चिम.	E. S. E.	¾ बिंदु.	द० ८°-४८′–४५″ पूर्वेस.
६	W. by N.	१८° पूर्वेस	६°–४५′ पश्चिम.	S. S. W.	१ बिंदु.	उ०५६°-१५′-०″ पश्चिम.
७	E. N. E.	३ बिंदु पश्चिम.	१८°–३०′ पूर्व.	S. E.	½ बिंदु.	उ० ४६°-३७′-३६″ पूर्व.
८	S. E ¾ E.	२२°–३०′पश्चिम.	४ –१५′ पूर्व.	S. S. W.	१½ बिंदु.	द. ८५°-४५′–०″ पूर्व.
९	E.	१८°–४५′ पूर्व.	१६°–५३′ पूर्व.	N. N. E.	२ बिंदु.	द. ३१°–५२′ -०″पूर्व.
१०	N. W. by W.	२५° W.	५°–१५′ पश्चिम.	N. by E.	१¾ बिंदु.	द.७३°-४८′-४५″पश्चिम.
११	E. by S. ½ S.	२¼ बिंदु पूर्व.	१३°–२०′ पूर्व.	दक्षिण	½ बिंदु.	द. ३७°–१७′-३०″पूर्व.
१२	W.	१¼ बिंदु W.	८° W.	N. N. w.	२½ बिंदु.	द.३९°-४८′-४५″पश्चिम.

(१३) एक गलबत आपल्या होक्यावरून S. S. W. या दिशेनें जातें. होक्याची चुकी पूर्वेकडे १ बिंदु इतकी आहे यावरून खरा गमनमार्ग काढा. उत्तर– S. W. by. S.

(१४) समुद्रामधून इंग्लिश खाडीमध्यें येत असतां उत्तर-ध्रुव २८° अंश पश्चिमेकडे दिसला तर चलन व विचलन मिळून होक्याची चुकी किती ? उत्तर– २८° अंश पूर्वेकडे.

(१५) मागील उदाहरणांत चलन २२°—३०′ पूर्वेकडे होतें तर विचलन काय ? उत्तर– ५°—३०′ पूर्वेकडे.

(१६) समुद्रावरून एडीस्टोन दीपगृहाचे उत्तर अंतर गलबतावरील होक्यावरून N. E. by E $\frac{1}{4}$ E. आणि होक्याची चुकी १$\frac{1}{2}$ दिग्बिंदु पश्चिमेकडे होती. यावरून खरें उत्तरांतर किती तें सांगा. उत्तर– N. E. $\frac{1}{4}$ N.

(१७) एक गलबत आपल्या कंपासानें पूर्वेकडून दक्षिणेकडे १ बिंदु या दिशेनें चालतें. होक्याची चुकी २ दिग्बिंदु पश्चिमेकडे इतकी आहे. वारा दक्षिणेकडून येत आहे. निवाऱ्याचा कोन १$\frac{3}{4}$ बिंदु इतका आहे यावरून खरा गमनमार्ग काढा. उत्तर– N. E. by E. $\frac{1}{4}$ E.

(१८) आपल्या होक्यावरून एक गलबत बरोबर दक्षिण-दिशेनें जात आहे. वारा W. S. W. या दिशेनें वाहत आहे व त्यामुळें $\frac{3}{4}$ बिंदु इतका निवाऱ्याचा कोन (लीवे) होत आहे. चलन १ बिंदु पूर्वेकडे विचलन $\frac{1}{4}$ बिंदु पश्चिमेकडे आहे. यावरून खरा गमनमार्ग काढा. उत्तर– S.

खऱ्या गमनमार्गावरून होक्यावरील दिशा काढणें--जेव्हां गलबत बंदरांतून हाकारावयाचें असतें तेव्हां नाखवा आपला नकाशा पाहतो व त्यावरून गमनमार्ग काढतो. परंतु होका बहुतकरून खरी दिशा दाखवित नाहीं म्हणून नाखव्यास आपले होक्याचें चलन व विचलन काढून आपले होक्यावरील कोणत्या दिशेनें गलबत चालवावें हें पहावयाचें असतें. आपले होक्यावरील हा गमन-मार्ग काढण्याकरितां त्यास मागें सांगितलेल्या कृतीच्या उलट कृति करावी लागते. पूर्वेकडील चलन डावे बाजूस समजावें व पश्चिमेकडील उजवे बाजूस समजावें लागतें आणि वाऱ्यामुळें आडवाटेनें जाण्याचा कोन अदमासानें काढून तो वाऱ्याकडेच धरावा लागतो. परंतु विचलन काढतानां, गलबताचें नाळ ज्या दि-शेनें फिरेल त्याच दिशेचें त्या गलबताचें विचलन पाहून, तें घ्यावें लागतें हें लक्षांत ठेविलें पाहिजे.

उदाहरणार्थ, असें समजा कीं, केप लिझार्डपासून एक मनुष्य नैर्ऋत्य (S. W.) दिशेस आपलें गलबत हाकारण्यास इच्छितो. त्यास माहित आहे कीं, त्या स्थळीं कंपासाचें चलन (२०°–८') वीस अंश आठ कला पश्चिमेस आहे व त्याचे गलबतावरील होक्याचें विचलन ११°–१५' अकरा अंश व पंधरा कला पूर्वेस आहे. व त्या वेळेस गलबताचें नाळ नैर्ऋत्य दिशेकडून पश्चिमेकडे १¾ बिंदु आहे, व चलन लक्षांत घेतलें तर हीच गमनदिशा अदमासें निघते. वारा वायव्य दिशेचा वाहत आहे म्हणून आडवाटेनें जाण्याचा कोन तो ¾ बिंदु धरितो; तर आतां त्याचे होक्यावरून कोणत्या गमनमार्गानें त्यानें जावें तें पाहूं:—

खरा गमनमार्ग ४ाबंदुं=४५°–०'–०" दक्षिणच्या उजवीकडे.
चलन २०°–८'–०" द० उजवे बाजूस
६५°—८'—०" द. उजवीकडे
विचलन ११°—१५'–०" द० डावे बाजूकडे.
म्हणून होक्यावरील गमनमार्ग. ५३°—५३'–०"

आतां यावरून लक्षांत येईल कीं, हा जो नवीन गमनमार्ग निघाला त्या मार्गाकडे गलबताचें नाळ फिरविलें तर त्याचें विचलन फक्त ७° पूर्वेकडे आहे. म्हणजे पहिल्यापेक्षां ४°–१५' कमी आहे. म्हणून तो जर या नव्या दिशेनें (द. ५३°–५३' प.) पश्चिमेकडे जाईल तर तो फक्त दक्षिणेकडून ६०°–५३'–०" पश्चिमेकडे या दिशेनें जाईल. व त्यास द. ६५–°–८'–०" पश्चिम या दिशेनें जावयाचें आहे. ही जी त्यानें ४½° अंशांची चूक केली त्यामुळें त्याला कदाचित् मोठ्या धोक्यांत पडावें लागेल. याकरितां त्यानें बरोबर विचलन काढण्यासाठीं होक्याचा गमनमार्ग जो निघेल त्या मार्गाकडे गलबताचें नाळ असलें म्ह० त्याचें विचलन काय असतें तें वरचेवर पहावें व तें विचलन धरिलें असतां इष्ट गमनमार्ग निघे तोंपर्यंत तें गणित फिरून फिरून करावें. हें प्रमाण गणितानें म्हणजे त्रैराशिकानेंही काढितां येतें, परंतु अदमासानें काढणें हें सोपें आहे. अदमासानें जो गमनमार्ग येईल त्या मार्गाचें विचलन, कोष्टकांत पाहून तें विचलन लाविलें असतां इष्ट गमनमार्ग निघतो कीं नाहीं तें पाहावें व इष्ट गमनमार्ग निघे तोंपर्यंत फिरून फिरून तेंच गणित करावें.

उदाहरणः—विचलनकोष्टकः—

विचलनकोष्टक.

अंश.	होक्यावरून नाळेची दिशा	विचलन.	हो० ना० दिशा,	विचलन.
३६०°	N.	२° w.	S.	०°
११°-१४′-०	. by E.	४° E.	S. by w.	४°w
२२°-३०′	N. N. E	६° E.	S. S. w.	५°w.
३३°-४५′	NE.byE	८° E.	S.w.by.S.	९° w.
४५°-०	N. E.	१२° E.	S. w.	१२° w.
५६°-१५′	NE.byE.	१३° E.	S. by w.	१७° w.
६७°-३०′	E. N. E.	१६° E.	w. S. w.	२३° w.
७८°-४५	E. by N.	२०° E.	w. by S.	२८° w.
९०°-०	E.	२२° E	w.	३० w.
७८°-४४′	E. by S.	२२° E.	w. by N.	२९ w.
६७°-३०′	E. S. E.	२०° E.	w. N. w.	२६ w.
५६°-१५′	S. E. by E.	१७ E.	N. w. by w.	२१ w.
४५°-०	S. E.	१४ E.	N. w.	१६ w.
३३°-४५′	S. E. by S.	११ E	N. w. by N.	११ w.
२२°-३०′	S. S. E.	६ E	N. N. w.	-९ w.
११-२५	S. by E.	३ E.	N. by w.	५ w.

उदाहरण:—एका खलाशास खऱ्या उत्तरेच्या पश्चिमेकडे ४०°—०′ असलेल्या बेटास जावयाचें आहे; चलन २५° पूर्वेस आहे, व त्याचे होक्याचें विचलन वरील कोष्टकाप्रमाणें आहे, तर त्यानें आपले होक्याचे कोणते दिशेनें गलबत चालवावें म्हणजे तें त्या बेटास जाईल.

(१) आतां खरा गमनमार्ग उ० पासून ४०° पश्चिमेस
चलन उलट दिशेनें २५° पूर्वेस
म्हणून होक्यावरील गमनमार्ग ६५° पश्चिमेस
या दिशेस गलबताचें नाळ असतां विचलन २५° पश्चिमेस
(कोष्टकावरून) वजा
म्हणून अदमासें गलबताचें नाळ ४०° प०

परंतु गलबताचें नाळ उत्तरेपासून पश्चिमेकडे ४०° अंश असलें म्हणजे कोष्टकावरून त्याचें विचलन १४° प० आहे म्हणून,

(२) पुन्हा चुंबक गमनमार्ग उ० पा० ६५° प०
नाळ उ० ४०° प० असतां विचलन १४° प०
म्हणून होक्यावरील गमनमार्ग उ० पा० ५१° पश्चि०

परंतु या दिशेस नाळ असतां होक्याचें विचलन १९° प० आहे.

(३) म्हणून पुन्हा
खरा चुंबक गमनमार्ग उ० पा० ६५° प०
नाळ उ० पा० ५१° प० असतां विचलन १९° प०
होक्यावरील अदमासें गमनमार्ग ४६° प०

(४) पुन्हा
चुंबक गमनमार्ग उ० पा० ६५° प०
नाळ उ० पा० ४६° प० असतां विचलन १७° प०

म्हणून गलबताचे होक्यावरील गमनमार्ग ४८° प०
(५) पुन्हा चुंबक गमनमार्ग उ० पा०   ६५° प०
नाळ उ० पा० ४८° प० असतां, विचलन १७½° प०
म्हणून गलबताचे होक्यावरील गमनमार्ग ४७½° प०
(६) पुन्हा चुंबक गमनमार्ग उ० पा०   ६९° प० कडे.
नाळ उ० पा० ४७½° प० असतां विचलन   १७½° प० कडे.
म्हणून गलबतावरील होक्याचा गमनमार्ग ४७½° प०; हें उत्तर.

आतां वर काढिलेला गलबतावरील होक्याचा गमनमार्ग, म्हणजे होक्याचे ज्या दिशेनें गलबत चालवावयाचें तो कसा निघाला तें स्पष्ट करून दाखवूं; परंतु ही रीति, होक्याचे दिशेवरून खरी दिशा काढण्याची जी रीति आहे, तिचे अगदीं उलट आहे हें मागें सांगितलेंच आहे.

त्या बेटाचें खरें उत्तरांत्तर उत्तर दिशेचे पश्चिमेस म्हणजे डावे बाजूस आहे; व चलन पूर्वेस—म्हणजे उजवे बाजूस—आहे, जर हें चलन आपण चुंबक उत्तरांतरास अथवा होक्यावरील दिशेस लावित असतों तर तें आपण उजवे बाजूला धरिलें असतें; परंतु ह्या वेळीं आपण तें खऱ्या उत्तरांत्तरास लावीत आहों म्हणून ते डावे बाजूसच धरिलें पाहिजे; म्हणून चुंबक उत्तरांतर उत्तरेकडून ६५° पश्चिमेकडे येतें. परंतु गलबतावरील होका खरी चुंबक-उत्तर दिशा ही दाखवित नाहीं; कारण त्यावर गलबतावरील लोखंडाचें आकर्षण असतें व त्यामुळें त्याचे दिशेंत जे फेरफार होतात ते विचलनकोष्टकांत दिले आहेत; एवढ्याकरितां आपणास अशी गलबताच्या नाळेची दिशा शोधून काढिली पाहिजे कीं, जिला विचलन लाविलें असतां खरें चुंबक-उत्तरांत्तर उत्तरेपासून ६९°

पश्चिमेकडे हें येईल. पहिल्यानें आपण उत्त. ६९° पश्चिम या दिशेचें विचलन घेऊं. यानें उ० प० ४०° पश्चिम हा होक्यावरील गमनमार्ग आला. परंतु या दिशेकडे जर गलबताचें नाळ फिरविलें तर विचलन फक्त १४° प० आहे. म्हणून या दिशेनें गलबत चालविलें असतां खरी चुंबक दिशा उ० ५४° प० ही होईल. व आपणांस उ० ६५° प० ही पाहिजे म्हणजे सुमारें अकरा अंश अथवा जवळ जवळ एक बिंदु उत्तरेकडे अधिक होईल. नंतर आपण कोष्टकावरून काढलेलें १४° पश्चि० हें विचलन लावून पाहतां (कारण तें विचलन गलबताचें नाळ उ०४०° पश्चिम या दिशेकडे असलें म्हणजे येतें.) आपणास उत्त० ५१° प० या दिशेकडे असलें म्ह० होक्याचें विचलन १९° आहे. म्हणून या मार्गानें आपण गलबत चालविलें तर उ० ७०° प० या खऱ्या चुंबक दिशेनें आपण जाऊं म्हणजे आपण पांच अंश पश्चिमेकडे अधिक जाऊं. आतां हें उघड आहे कीं, खरें विचलन या दोन दिशांच्या मध्यें कोठें तरी असलें पाहिजे. व तें प्रमाण गणितानें म्हणजे त्रैराशिकानें काढितां येईल. तें असें, जर १६° गमनमार्गांत फेर पडण्यास ५° पांच अंश विचलनांत फेर पडावा लागतो तर ११° आकार अंश गमनमार्गांत फेर पडण्यास विचलनांत किती फेर पडला पाहिजे ?

१६° : ५° : : ११° : ३ ७/१६.

हे ३ ७/११° जर १४° पश्चिम चलनांत मिळविले तर एकदम १७ ७/१६° प० विचलन येतें व वरील उदाहरणांत फिरून फिरून अदमासानें गणीत करून आपणास जवळ जवळ तेंच उत्तर येतें म्हणजे १७ १/२° म्हणून होक्यावरील गमनमार्ग (६५° — १७ १/२°) ४७ १/२° हा येतो.

भाग चवथा.

दोन अक्षांशांमधील व दोन रेखांशांमधील अंतर.

अक्षांशांतरः—दोन अक्षांशांमधील अंतर काढण्याचे खालीं सांगितलेले फक्त दोनच प्रकार आहेत.

१ ला प्रकार—अ स्थलाचें उत्तर अक्षांश ४५°–१५′–५१″ म्हणजे ४५ अंश १५ कला व ५१ विकला आहे; ब स्थलाचे उत्तर अक्षांश २०°--१०′--१४″ (२० अंश १० कला १४ विकला) आहे. यावरून अ व ब या स्थलांचें अक्षांशांतर किती आहे, तें काढा.—

अ चे उ० अक्षांश ४५°--१५′--५१″ उत्तर.
ब चे उ० अक्षांश २०°--१०′--१४″ उत्तर.

अक्षांतर. २५°--५′--३७″ आहे. व अ बचे उत्तरेस आहे.

२ रा प्रकार.—(अ) स्थलाचे उत्तर अक्षांश २०°--१४′–११″ आहे व ब स्थलाचे दक्षिण अक्षांश १९°–१४′–१६″ आहे. या दोहोंमधील अक्षांशांतर काढा, किंवा हीं समांतर अक्षवृत्तें किती अंतरावर आहेत तें सांगा.

अ चे उत्तर अक्षांश २०°--१४′--११″ आहे.
ब चे दक्षिण अक्षांश १९°--१४′--१६″ आहे.

अक्षांतर.—३९°–२८′--२७″ आहे आणि ब अ च्या दक्षिणेस आहे.

नियम —जेव्हां दोन स्थळें विषुववृत्ताचे एकाच दिशेस अस-

तील म्हणजे दोहोंचेही अक्षांश उत्तर उत्तर अथवा दक्षिण दक्षिण असतील तेव्हां त्या दोहोंचें अक्षांतर काढण्यास त्याच्या अक्षांशांची वजाबाकी करावी; परंतु एक स्थळ विषुववृत्ताचे दक्षिणेस असेल व दुसरें उत्तरेस असेल, म्हणजे एकाचे दक्षिण अक्षांश असतील व दुसऱ्याचे उत्तर अक्षांश असतील तेव्हां त्यांचें अक्षांतर काढण्यास त्या दोन अक्षांशांची बेरीज करावी. विद्यार्थ्यानें स्वतःस समजण्याकरितां कागदावर तीन रेषा काढाव्या;—एक विषुववृत्ताची व दोन त्या दोन समांतर अक्षांशवृत्तांच्या, म्हणजे त्या दोन स्थलाचें अक्षांशांतर काढण्यास, त्या दोन अक्षांशांची बेरीज करावी किंवा वजाबाकी करावी हें एका क्षणांत लक्ष्यांत येईल.

रेखांशांतरः—दोन स्थलांचे मधील रेखांशांतर काढण्याचे निरनिराळे तीन प्रकार आहेत. (१) जेव्हां दोन्ही स्थळें ग्रीनीचचे पूर्वेस अगर पश्चिमेस असतील म्हणजे दोन्ही रेखांश पूर्व पूर्व अगर पश्चिम पश्चिम असतील; (२) जेव्हां एक रेखांश पूर्व व दुसरे रेखांश पश्चिम असतील, तेव्हां व (३) जेव्हां दुसऱ्या प्रकारांतील रेखांशाची बेरीज १८०° अंशाहून अधिक असेल तेव्हां. उदाहरणः—

प्रकार १ ला—अ स्थल पूर्व रेखांश ४७°–१७′–१८″ वर आहे व ब स्थल पूर्व रेखांश ७४°–२०′–४८″ वर आहे. तर त्या दोहोंमधील रेखांशांतर काढ.

अचे रेखांश	४९°–१७′–१८″ पूर्व.	
बचे ,,	७४°–२०′–४८″ पूर्व.	
	२९°–३′–३०″	

तर रेखांशांतर २९°–३′–३०″हें आहे. व अ स्थळ बचे पाश्चिमेस आहे.

२ रा प्रकार.–एक स्थळ अ ग्रीनीचचे पूर्वेस रेखांश २७°–१८′–४५″ वर आहे. व दुसरें ब ग्रीनीचचे पश्चिमेस रेखांश ११०°–१४′–१५″ वर आहे. तर त्या दोहोंमधील रेखांशांतर काढा.

अचे रेखांश २७°--१८′--४५″ पूर्व.

बचे रेखांश ११०°--१४′--१५″ पश्चिमेस दोहोंचे

रेखांशांतर १३७°--३३′--०″आहे. व अ ब चे पूर्वेस आहे.

३ रा. प्रकार.–एक स्थळ अ ग्रीनीचचे पूर्वेस रेखांश १२१°–१७′--२४″ वर आहे. व दुसरें ब पश्चिमरेखांश ९५°–१६′–१८″ वर आहे. तर त्या दोहोंमधील रेखांशांतर काढा.

अचे रेखांश १२१°–१७′–२४″ पूर्व.

ब चे रेखांश ९५°–१६′–१८″ पाश्चिम.

बेरीज २१६°–३३′--४२″.

ही बेरीज १८० हून अधिक आहे

म्हणून ती ३६०°—०′-–०″ तून

वजा करावी २१६°–३३′–४२″

बाकी १४३°–२६′–१८″ राहतात.

तें त्या दोन स्थळांचे मधील रेखांशांतर होय. आणि अ ब च्या पश्चिमेस आहे.

वरील तीन प्रकारांचा लक्ष्यपूर्वक विचार केला असतां रेखांशांतर काढण्याचा पुढील नियम निघतो हें कळेल.

नियमः––जेव्हां दोन रेखांश ग्रीनीचचे एकाच दिशेकडील असतील म्हणजे दोन्ही पूर्व पूर्व अथवा पश्चिम पश्चिम असतील

तेव्हां त्या दोहोंची वजाबाकी तें त्यांचें रेखांशांतर होय व जेव्हां एक रेखांश पूर्व व दुसरे पश्चिम असेल तेव्हां त्यांची बेरीज हें त्या दोहोंचें रेखांशांतर होय; व ही बेरीज जर १८०° अंशांहून अधिक असली तर ती ३६०° मधून वजा करावी व जी बाकी येईल तें रेखांशांतर होय.

विद्यार्थ्यानें आकृति काढून हे नियम स्पष्ट करण्याची संवय करावी. भूमध्यरेषा दाखविण्याकरितां स्लेटीवर अगर कागदावर एक आडवी रेघ काढावी. आणि ग्रीनीचचे (पहिलें) रेखांश दाखविण्याकरितां तिच्याशीं काटकोन करणारी एक उभी रेघ काढावी; नंतर ज्या दोन स्थळांमधील रेखांशांतर काढावयाचें असेल त्या स्थळांचें रेखांश दाखविणाऱ्या दोन उभ्या रेघा पहिल्या रेखांशाचे उजवे अगर डावे बाजूस (पूर्वेस अगर पश्चिमेस) काढाव्या. आतां ह्या दोन्ही रेषा पहिल्या रेखांशवृत्ताचे पूर्वेस असल्या अगर दोन्ही पश्चिमेस असल्या तर त्या दोन्ही रेखांशाची वजाबाकी करावी. म्हणजे बाकी राहील तें त्या स्थळांचें रेखांशांतर होईल. आणि जर त्या रेषांतील एक पहिल्या रेखांशाच्या पूर्वेस व दुसरी पश्चिमेस असेल तर त्या दोन्ही रेखांशांची बेरीज हें त्या दोन स्थळांचें रेखांशांतर होईल. आतां ही बेरिज १८०° पेक्षां जास्त झाली तर तो प्रकार एक वर्तूळ काढून त्यावर दाखवावा. म्हणजे असें दिसून येईल कीं, वर्तुळावरील दोन स्थळांचें अंतर त्यांतील मोठ्या कंसानें न दाखवितां लहान कंसानें दाखवावें. म्हणून सगळ्या वर्तुळाचें जे ३६०° अंश आहेत, त्यांतून आपल्या बेरजेनें आलेला १८०° अंशांपेक्षां मोठा कंस

वजा दिला असतां बाकीचा लहान कंस राहतो तें त्या स्थळाचें रेखांशांतर होय.

मध्याक्षांशः—कोणत्याही दोन स्थळांमधील अक्षांशाचे, मध्य अक्षांश म्हणजे त्या दोन स्थलांमधून जाणाऱ्या अक्षांशवृत्ताच्या बरोबर मध्यभागीं असणारें अक्षांशवृत्त तें काढण्याची पुढें जरूर पडेल. तें कसें काढावें हें उदाहरणांनीं स्पष्ट करून दाखवितों:—

केप कार्नवालचे उत्तर अक्षांश ५०°-८′-०″ व डंकन्स बेहेडचे उत्तर अक्षांश ५८°--३०′--४५″ या दोहोंच्या मधील मध्य-अक्षांश-वृत्त काढा.

केप कार्नवालचे अक्षांश ५०°—८′—०″ उत्तर.
डंकन्स बेहेडचे अक्षांश ५८°—३९′—४५″ उत्तर.
२)१०८°--४७′--४५″
बेरजेचे अर्ध ५४°--२३′--५२½″ हें
त्या दोन स्थलांचे उत्तर मध्याक्षांश होत.

या दोन अक्ष वृत्तांची वजा बाकी करून जी बाकी येईल तिचें अर्ध करून तें त्यांतील लहान संख्येंत मिळाविलें अगर मोठ्या संख्येंत वजा केलें तरी बरोबर हेंच उत्तर येईल. व तें बीजगणितानेंही दाखवितां येईल, तें असें ब, अ, पेक्षां अधिक आहे असें असें समजा. तर—

$$\frac{अ + ब}{२} = अ + \frac{ब - अ}{२}, \text{ समच्छेद करून}$$

$$= \frac{२ अ + ब - अ}{२}$$

$$= \frac{अ + ब}{२}$$

अथवा $ब - \frac{ब - अ}{२} = \frac{२ब - ब + अ}{२} = \frac{ब + अ}{२}$

केप लोपेझचे दक्षिण अक्षांश ०°–३६′–१०″ आहेत. व केप गुड होपचे दक्षिण अक्षांश ३४°–२२′–०″ आहेत. तर या दोहोंचे मध्य् अक्षांश काय?

केप लोपेझचे दक्षिण अक्षांश		०°–३६′–१०″ द०
केप गुड होप. ” ”		३४°–२२′–०″ द०
दोहोंच्या बेरजेचें	२)	३४°–५८′–१०″
अर्ध............		१७°–२९′–५″

हें त्यांचें मध्य अक्षवृत्त होय.

जिब्रालटरचे उत्तर अक्षांश ३६°—६′–२०″ आहेत. व केप गुड होपचे दक्षिण अक्षांश ३४–२२—० आहेत.

तर यांमधील मध्य अक्षांश काढा.

जिब्रालटरचे उत्तर अक्षांश.		३६°–६′–२०″ उत्तर.
केप गुड होपचे द० अक्षांश........		३४°–२२′–०″ द०
दोहोंच्या वजाबाकीचे	२)	१°-४४′--२०″
अर्ध हें मध्य अक्षांश वृत्त होय.............		०--५२--१०. उत्तर.

नियमः-जेव्हां दोन्ही अक्षांश वृत्तें उत्तर उत्तर अगर दक्षिण दक्षिण असतात, म्ह० सजातीय असतात, तेव्हां त्यांचे बेरजेचें अर्ध तें मध्यम अक्षांश होय. जेव्हां एक अक्षांश उत्तर असतात, व

दुसरे दक्षिण असतात. म्हणजे ते विजातीय असतात, तेव्हां त्यांचे वजाबाकीचें अर्ध हें त्यांच मध्य अक्षांश होय.

४३ को-मिड्ल्याटिट्यूड=मध्य अक्षांशाचे पूरक

मध्य अक्षांश काढिल्यावर कधीं कधीं त्या मध्य अक्षांशाचे ध्रुवापासून किती अंतर आहे, तें काढावें लागतें. तें ९०° तून मध्य अक्षांश वजा करून काढितात व त्यास मध्य अक्षांशाचें पूरक म्हणावें. कारण ध्रुवापासून विषुव वृत्तापर्यंत ९०° असतात, व मध्य अक्षांश म्हणजे विषुव वृत्तापासून ध्रुवाकडे कांहीं अतर आहे; तें नवद ९०° मधून वजा केलें असतां त्याचे (को-लाटिटसूड) ध्रुवापर्यंत अंतर निघतें त्यास पूरक अक्षांश म्हणावें.

रेखांश वृत्त बरोबर काढितांना कोणत्याही दोन स्थळांमधील मध्य अक्षांश वृत्ताचें पूरक म्हणजे त्या वृत्तापासून जवळच्या ध्रुवाचें अंतर काढणें वरचेवर जरूर पडतें.

उदाहरणें.

(१) केप आफ् गुड होप व जिब्राल्टर यांच्या मधील को-मध्याक्षांश किंवा पूरक मध्याक्षांश काढा.

जिब्राल्टरचे अक्षांश	....	३६°–६′–२०″उ०
केप आफ् गुड होपचे अक्षांश	....	३४ –२२′–०″द०
वजाबाकीचे	२)	१°–४४′–२०″
अर्ध	....	०°–५२′–१०″
हे ९०° तून वजा करा.		९०°– ०– – ०
बाकी राहील तें पूरक मध्याक्षांश,		८९ — ७–५०″

(२) केप लोपेझ व केप आफ् गुड होप यांचें पूरक मध्याक्षांश किंवा को–मध्याक्षांश काढा.

केप लोपेझचे अक्षांश................		०°–३६'–१०" द०
केप आफ् गुडहोपचे अक्षांश.		३४ –२२—० द०
बेरजेचें	२)	३४ –५८ –१०
अर्ध................................		१७ –२९"–५"
हें ९० तून वजा करा.		९०— ०– ०
को-मध्याक्षांश किंवा पूरक मध्याक्षांश		७२– ३०'–५५"

भाग पांचवा.

—:o:—

घडी, पाटली व दोरी.

—:o:—

नाविक अंतर अगर समुद्रावरील अंतरः—जेव्हां जमीन दिसेनाशी होते, तेव्हां आपलें गलबत कोठें आहे, व पुढें नेमलेल्या ठिकाणीं कोणत्या दिशेनें जावयाचें हें काढण्यास त्याचा गमनमार्ग व त्यानें क्रमिलेलें अंतर हीं मुख्यत्वेंकरून पाहावीं लागतात. गमनमार्ग पाहण्याकरितां लागणाऱ्या होकायंत्राचें वर्णन दुसऱ्या भागांत केलें आहे व होक्याचे मार्गावरून (दिशेवरून) खरा मार्ग (दिशा) कसा काढावा व खऱ्या मार्गावरून (दिशेवरून) होक्यावरील मार्ग (दिशा) कसा काढावा, हेंही तिसऱ्या भागांत सांगितलें आहे. आतां अंतर म्हणजे काय, व तें कसें काढावें, हें अधिक स्पष्ट करून सांगावयाचें आहे. अंतर सांगतानां खलाशी लोक व नाखवे, पृथ्वीच्या मोठ्या वर्तुळाच्या एका कलेचा उपयोग करितात व ती कला विषुव वृत्तावर मोजतात. विषुववृत्ताचे ३६० अंश असतात व प्रत्येक अंशाच्या साठ कला असतात. म्हणजे विषुववृत्ताच्या २१६०० कला असतात. त्यांस २१६०० नाविक-मैल असें म्हणतात.

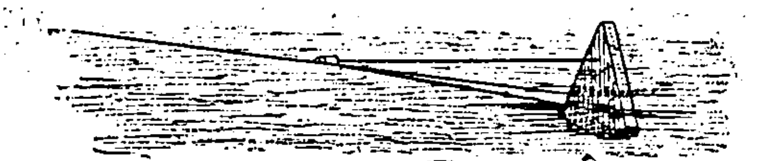
पृथ्वीचा परीघ, ५२८० फुटांचा एक मैल, असें २४८९९ इंग्लिश मैल आहे, असें काळजीपूर्वक कित्येक वेळां मापें

करून गणितज्ञांनीं काढिलें आहे. म्हणून प्रमाण गणितानें समुद्रावरील (नाविक) एका मैलाचे किती फूट होतात तें काढितां येतें. जसें:–२१६००:२४८६९ मैल : : ५२८०: ६०७९·१ फूट म्हणून नाविक मैल ६०८० फुटांचा धरितात. व हा मैल म्हणजे सदोदित ६०८० फूट समजावे; ६०७९·१ नाहींत.

समुद्रावरील **अंतर** म्हणजे गलबत जितके मैल व मैलांचे दशांश जातें तें होय. व तें बहुतकरून २८ सेकंडची घडी व ४६$\frac{2}{3}$ फुटांचे भाग पाडून प्रत्येक भागाचे शेवटीं गांठी बांधलेली दोरी, यांनीं मोजतात. परंतु-दुसरी कोणतीही सेकंडाची संख्या दाखविणारी घडी व तिला जुळत्या प्रमाणानें भाग पाडलेली दोरी घेतल्यासही उपयोगी पडते.

पाटली (फळी)–पाटली हा एक लांकडाच्या फळीचा तिकोनी तुकडा असतो, व त्याची एक बाजू गोल असते. त्यांत वजनाकरितां शिसें घातलेलें असतें, त्यामुळें ती फळी पाण्यावर नीट उभी तरते, व अशी उभी तरत असली म्हणजे ती बहुतेक स्थिरच असते असें मानिलें तरी चालेल. कारण ती पाण्यामधून ओढली जाण्यास बराच अडथळा करिते; सहज ताणली जात नाहीं. या फळीला एक ५० अगर १०० वांव दोरी बांधलेली असते. तिला **पाटलीची दोरी** असें म्हणतात. या दोरीची लांबी सेकंडांच्या घडीच्या प्रमाणांत असते. या दोरीचे सारखे भाग केलेले असतात. त्यास (नाटस्) गांठी असें म्हणतात. कारण त्या प्रत्येक भागाच्या शेवटीं किती भाग झाले, तें दाखविण्याकरितां गांठी दिलेल्या बारीक दोऱ्यांचे तुकडे त्या दोरीच्या पदरामध्यें बसविलेले असतात. व हे तुकडे घडींतील वाळू गळे तोंपर्यंत किती भाग अथवा गांठी

झाल्या तें दाखवितात. खालील आकृतीवरून पाटलीस दोरी कशी बसवितात हें कळून येईल.



आ० १९ पाटली.

फळीच्या जवळील तीन दोऱ्यांपैकीं दोन दोऱ्या एका लांकडाच्या मेखेस बसविलेल्या असतात व ती मेख त्या पाटलीच्या दोरींत बसविलेली असते. वेळ झाली म्हणजे माप घेणारा मनुष्य पाटलीच्या दोरीला एक हिसका देतो. त्यासरशीं ती मेख निघून जाते व पाटली पाण्यावर आडवी पडते व मग ती गलबतावर सहज ताणून घेतां येतें.

आम्हीं वर म्हटलें आहे कीं, २८ सेकंडांत वाळू गळून जाणारी साधी घडी उपयोगांत घेण्याचा हल्लीं प्रघात आहे; परंतु आपणास कोणतीही घडी वापरण्यास सांपडेल; मात्र तिनें दाखविलेली वेळ ही, एका तासाचा जो भाग (जितकावा भाग असेल) असेल, तोच भाग त्या दोरीच्या एका भागाची लांबी, हा एका मैलाचा होईल. म्हणजे घडीचे सेकंड (घडीची वेळ) हा एक तासाचा जितकावा, (पांचवा, सातवा, किंवा सतरावा असा जितकावा) भाग असेल तितकावाच भाग (पांचवा, सातवा, सतरावा,) त्या दोरीच्या भागाची लांबी हा एक नाविक मैलांचा होईल.

हल्लीं २८ सेकंडांच्या घडीच्या मानानें दोरीच्या एका भागाची लांबी घेण्याचा प्रचार आहे. परंतु जर १४ सेकंडाची घडी घेतली तर तेवढ्याच दोरीचे दुप्पट भाग करावे, म्ह० एक एक भागाची लांबी

अर्धी होईल, व पुष्कळ लहान दोरी उपयोगीं पडेल. घडी, व पाटलीच्या दोरीच्या भागाच्या लांबींत मुख्यत्वें हें प्रमाण आहे कीं; दोरीच्या एक भागाची लांबी एक नाविक मैलाचा जितकावा भाग असते, तितकावाच भाग घडीनें दाखविलेली वेळ, ही एका तासाचा असते. म्हणजे जर २८ सेकंड हा एक तासाचा $\frac{२८}{३६००}$ वा. भाग आहे; तर दोरीच्या एक भागाची लांबी ही एक नाविक मैलांचा $\frac{२८}{३६००}$ वाच भाग असला पाहिजे; पण नाविक मैल ६०८० फूट लांब आहे. म्हणून दोरीचा एक भाग $\frac{२८ \times ६०८०}{३६००}$=४७ फूट ३·४ इंच इतका आहे.

हेंच प्रमाण अस मांडतां येईल:—

$$\frac{\text{दोरीच्य लांबीचे फूट.}}{\text{एका नाविक मैलाचे फूट.}} = \frac{\text{घडीचे सेकंड.}}{\text{एका तासाचे सेकंड.}}$$

प्रचारांत दोरीच्या एका भागाची किंवा गांठीची (नाटची) लांबी ४६ फूट ८ इंच धरितात. ही लांबी एक नाविक मैलाचे ६००० फूट धरिले म्हणजे येते. यानें कोणतीही घडी असली तरी तिला लागू पडणारी दोरीची लांबी सहज काढितां येते ती अशी:—

घडींतील वाळू जितक्या सेकंडांत गळून खलास होत असेल, त्या सेकंडाचे आंकड्यावर एक शून्य देऊन त्यास साहांनीं भागावें, म्हणजे दोरीच्या भागाचे गांठींमधील अंतरांचे फूट येतील, व बाकी राहील त्याच्या दुप्पट इंच येतील, म्हणजे घडीच्या सेकंडाच्या दसपटीस साहांनीं भागून येतील ते फूट व बाकी राहील त्याच्या दुप्पट इंच, इतकें दोरीचे गांठीमधील अंतर राखावें. आतां उदाहरणार्थ, २८ सेकंडांची घडी घेऊं, तर तिच्या गांठीं—

मधील अंतर काढण्यास २८ साला दहांनीं गुणून व सहांनीं भागून येतील ते फूट, बाकी राहील त्यास दोहोंनीं गुणून येतील ते इंच, इतकें दोन गांठींमधील अंतर होय. $\frac{२८०}{६}$=४६; फट व ४×२=८इंच. आतां ही रीत कशी निघाली तें पाहूं:—

$$\frac{\text{गांठींमधील अंतराचे फूट.}}{\text{नाविक मैलाचे फूट.}} = \frac{\text{घडीचे सेकंड.}}{\text{तासाचे सेकंड.}}$$

किंमतीचे आंकडे लिहून,

$$\frac{\text{गांठींमधील अंतराचे फूट.}}{६०००} = \frac{\text{२८ सें.}}{\text{३६०० सें.}}$$

म्हणून गांठींमधील अंतराचे फूट$=\frac{२८ \times ६०००}{३६००}=\frac{२८ \times १०}{६}=\frac{२८०}{६}$

६) २८० (४६′–८″
   २४
   ४०
   ३६
   $\frac{०४ \times १२}{६}=४ \times २=८$

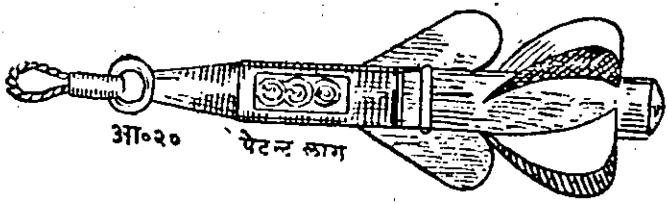
म्हणून ४६′–८″ हें उत्तर.

पाटली (फळी) पाण्यांत टाकल्यानंतर गलबताच्या चालण्यानें जें पाणी हाललेलें असतें त्याच्या पलीकडे ती गेल्यावर मापण्यास सुरवात व्हावी म्हणून, सुमारें दहा वांव अगर अधिक दोरी सोडून नंतर गांठी मोजण्यास सुरवात करितात. या दोरीला स्ट्रेलाईन म्हणजे वायफळ दोरी किंवा फालतू दोरी असें म्हणतात. व ती सरली म्हणजे तेथें एक खुणेकरितां पांढरी चिंधी दोरीस बांधितात. दोरी सोडतांना ही खूण गलबताच्या कांठावरून गेल्याबरोबर घडी उलटतात व वाळू गळण्यास सुरवात होते. सर्व वाळू गळतांच दोरी सोडण्याची बंद करितात व तेथपर्यंत सोडलेल्य

दोरीच्या गांठी व त्यावरील दशांस भाग मोजतात, त्यावरून गलबताचा वेग कळतो. पाटली (फळी) समुद्रांत टाकली म्हणजे तिची दोरी जी एका लांकडाचे लाटेस (गरेडीस) गुंडाळलेली असते, ती ज्या वेगानें गलबत जात असेल त्या वेगानें सोडितात; त्यानें गलबताचा वेग कळतो; कारण जितक्या सेकंडांत घडी रिकामी होते, ती सेकंडांची संख्या एका तासाच्या सेकंडांचा जितकावा भाग असते तितकावाच भाग, दोरीच्या दोन गांठींमधील अंतराचे फूटाची संख्या ही एक नाविक मैलाच्या फुटाच्या संख्येचा असतो, म्हणून घडीनें दाखविलेल्या वेळांत जितक्या गांठी गलबत चालतें तितकेच मैल, तें सारख्या वेगानें चालल्यास, एका तासांत जातें. आतां गलबत एका तासांत ४ किंवा ५ गांठी (नाटस) चालतें, असें म्हणतात त्याचा अर्थ समजेल. त्याचा खरा अर्थ एका तासांत तें ४ अगर ५ नाविक मैल चालतें असा आहे.

समुद्रावर नुसत्या शिडानें चालणाऱ्या गलबताचा वेग कधींही सारखा नसतो. कारण वाऱ्याचा वेग व दिशा हीं बदलत असतात. व थोडेंसें सुकाणूं फिरविलें असतां गलबताचे वेगांत पुष्कळ फरक पडतो. म्हणून सध्यां निरनिराळ्या प्रकारचे पेटेंट लाग्ज् उपयोगांत आणितात. त्यांना आगबोटीच्या पंख्यासारखी स्क्रूच्या आकाराची लहान पाती बसविलेली असतात त्यामुळें ते पाण्यांत फिरतील असे केलेले असतात. जेव्हां गलबताचा वेग बरोबर काढावयाचा असेल किंवा तें किती चाललें तें पहावयाचें असेल तेव्हां हा पेटेंट लाग गलबताचे मागें पाण्यांत ओढला जाईल असा बांधितात व गलबताच्या वेगाप्रमाणें तो हळू अगर जलद फिरत असतो. हे फेरे मोजण्याची तजवीज गलबतास जेथें त्या

लागची दोरी बांधतात तेथें किंवा त्या लागमध्येंच केलेली असतें; परंतु पेटंट लाग हें यंत्र समुद्रावरील शेवाळांनीं किंवा गलबतावरून टाकलेल्या जिनसांनीं बिघडण्याचा संभव आहे, म्हणून पेटंन्ट लाग वापरला तरी घडी-पाटलीचा उपयोग करण्यास हयगय करूं नये.



आ०२० पेटन्ट लाग

घडी-पाटलीच्या हिशेबांतील चुकीची दुरुस्ती.

घडी-पाटलीनें काढलेल्या वेगांत अथवा अंतरांत तीन प्रकारांनीं चुक होण्याचा संभव आहे. १ घडी खोटी असल्यामुळें, २ पाटलीच्या दोरीचे भाग बरोबर नसल्यामुळें व ३ दोन्ही बरोबर नसल्यामुळें. ते तीन प्रकार असेः—(१) दोरीचे भाग बरोबर आहेत परंतु घडी बरोबर नाहीं, (२) घडी बरोबर आहे; परंतु दोरीचे भाग बरोबर नाहींत, (३) जेव्हां दोन्ही बरोबर नाहींत.

(१) जेव्हां दोराच भाग बरोबर पाडिलेले असतात, परंतु घडींतील वाळू लवकर संपते तेव्हां पुऱ्या गांठी मोजल्या जात नाहींत व गलबताचा वेग असेल त्यापेक्षां कमी मोजिला जातो हें उघड आहे. तसेंच घडींतील वाळू गळण्यास अधिक वेळ लागेल तर अधिक गांठी मोजल्या जातील व गलबताचा वेग आहे त्यापेक्षां अधिक मानला जाईल.

(२) जर घडी बरोबर आहे. परंतु दोरीचे भाग बरोबर

नाहींत तर देखील चुकी होण्याचा संभव आहे. कारण जर घडी बरोबर असेल आणि दोरीचे भाग लहान असतील तर त्या वेळेस अधिक गांठी मोजल्या जातील आणि अधिक अंतर गणिलें जाईल व घडी बरोबर असून दोरीचे भाग लांब असले तर थोड्या गांठी गणल्या जातील व गलबताचा वेग कमी मानला जाईल.

या वरील दोन प्रकारांवरून असें आढळून येईल कीं, सारख्याच वेळामध्यें गणिलेलें अंतर हें गांठींमधील अंतराच्या उलट प्रमाणांत (व्यस्त प्रमाणांत) असतें. म्हणजे जर गांठी फार लांब लांब असतील तर अंतर कमी गणिलें जाईल व गांठी जवळ जवळ असल्या तर अंतर अधिक गणिलें जाईल; व जर गांठींचें अंतर बरोबर असेल व घडी खोटी असेल तर (१) या खोट्या घडीनें मापलेलें (गणिलेलें) अंतर घडीच्या वेळेच्या सम प्रमाणांत असेल म्हणजे जर घडीनें दाखविलेली वेळ असावी त्याहून कमी असेल तर गणून काढिलेलें अंतरही कमी होईल व घडीचा वेळ अधिक असेल तर तें अधिक येईल.

(३) तिसऱ्या प्रकारांस म्हणजे जेव्हां घडी व दोरी हीं बरोबर नसतात तेव्हां खालीं दिलेल्या संक्षिप्त रीतीचा किंवा सरणीचा उपयोग करण्याचा प्रघात आहे:—

$$\text{ड} = \frac{३}{५}\,\frac{\text{अं}\times\text{लां}}{\text{वे}} = D = \frac{३}{५}\,\frac{dl}{t}$$

यांत D=ड=खरें अंतर. (मैल)

d=अं=खोटें अंतर. (मैल)

t=वे=घडीची वेळ. (सेकंड)

l=लां=गांठींमधील लांबी, किंवा अंतर (फूट).

ही संक्षिप्त रीति अथवा सरणी खालीं सांगितल्याप्रमाणें निघाली आहे:—

एका घडींतील वाळू (वे) सेकंडांत खलास होते, व दोरीच्या गांठींचें अंतर बरोबर नाहीं आणि तें (लां) आहे. यावरून खरें अंतर (ड) किती मैल तें काढा. या लाग (घडीपाटली) वरून गणून काढलेलें खोटें अंतर (अ) मैल आहे असें समजा.

(१) ला प्रकारः—जेव्हां दोरीच्या भागांचें अंतर बरोबर आहे व घडी खोटी आहे; असें असलें म्हणजे गांठींमधील अंतराला जुळणारी वेळ (म्ह० किती सेकंडाची घडी असावी तें) सम प्रमाणानें काढावें; कारण ह्या प्रकारामध्यें अंतर हें वेळेच्या सम प्रमाणांत असतें, म्हणजे वेळ अधिक असेल तर अंतर अधिक असतें व वेळ कमी असेल तर अंतर कमी असतें.

प्रथमतः (वे) सेकंडामध्यें वाळू गळून रिकामी होणाऱ्या घडीस किती अंतरावर दोरीच्या गांठी असाव्या तें काढावें. जसें:—

से.	से.	फूट.
३६००: :	वे : :	६०८० : अंतराचे फूट.

म्हणून,

$$\text{गांठींमधील अंतराचे फूट} = \frac{\text{वे} \times ६०८०}{३६००} = \frac{\text{व} \times ६०८०}{३६००}$$

(२) रा प्रकारः—ज्या वेळीं घडी बरोबर असते, परंतु दोरीच्या गांठींमधील अंतर बरोबर नसतें, या वेळेस आपणास व्यस्त प्रमाणाचा उपयोग करून खोटच्या अंतरावरून खरें अंतर काढावें लागतें.

मागें सांगितल्याप्रमाणें खालीं दिलेलें व्यस्त प्रमाण मांडावें.

$$\frac{\text{गांठींमधील खऱ्या अंतराचे फूट.}}{\text{गांठींमधील खोटया अंतराचे फूट.}} = \frac{\text{खोटे अंतराचे मैल.}}{\text{खऱ्या अंतराचे मैल.}}$$

अथवा,

गांठीच्या खऱ्या लांबीसः खोटी लांबीः : खोटया मैलांसः खरे मैल.

या प्रमाणामध्यें आपण वर काढिलेली गांठींची खरी लांबी घातली असतां:—

$\frac{६०८०}{३६००}\times$वें: लां :: अं :: ड.

$\text{ड}=\frac{\text{अला}}{\text{व}}\times\frac{३६००}{६०८०}=\frac{३}{५}\times\frac{\text{अला}}{\text{वे}}$ ही सरणी येते. कारण $\frac{३६००}{६०८०}=\frac{३}{५}$ जवळ जवळ आहे. म्हणून $\text{ड}=\frac{३}{५}\times\frac{\text{अ ला}}{\text{व}}$.

उदाहरणें.

(१) २५ सेकंडाचे घडीस लागू पडणारे दोरीच्या गांठीमधील अंतर काढा.

एक तासाचे सेकंड	सेकंड	एक मैलाचे फुटांस	
३६०० :	२५ ::	६०८० :	गाठींमधील अंतराचें फूट

म्हणून गाठीमधील अंतर $=\frac{२५\times६०८०}{३६०}=\frac{५\times६०८}{७२}=$४२ फूट.

(२) पाटलीच्या दोरीस ५९ फुटांवर गांठी आहेत तर या दोरीस लागूं पडणारी घडी किती सेकंडाची असावी तें सांगा.

एका मैलाचे फुटास	दोरीचे फूट.	तासाच्या सेकंडास.	घडीचे सेकंड.
६०८० :	५९ ::	३६०० :	

=३२.९६ सेकंड हें उत्तर.

भाग सहावा.

—:०:—

सरळ रेषा त्रिकोणमितीमधील व्याख्या.

—:०:—

त्रिकोणमितींतील प्रमाणें:—त्रिकोणमितींतील जे थोडे सोपे पारिभाषिक शब्द, नाविक अंतर व दिशा काढण्याच्या निरनिराळ्या कृत्यांत (उदाहरणांत) उपयोगीं पडतात, त्यांचा अर्थ समजण्याकरितां त्यांच्या व्याख्या देणें जरूर आहे.

(१) कोणत्याही वर्तुळाचे ३६० सारखे भाग केलेले असतात; त्यांस अंश असें म्हणतात. प्रत्येक अंशाचे ६० सारखे भाग केलेले असतात त्यांस **कला** असें म्हणतात व प्रत्येक कलेचे ६० सारखे भाग केलेले असतात त्यांस **विकला** असें म्हणतात. ते (°) अंश (′) कला (″) विकला अशा खुणांनीं दाखविलेले असतात; जसें—१४° ३७′–२६″ असें लिहिलेलें असलें म्हणजे ते १४ अंश ३७ कला २६ विकला असें वाचावें.

(२) जर दोन सरळ रेषा एका वर्तुळाच्या मध्याशीं मिळत असल्या तर त्या दोहोंमध्यें जो वर्तुळाचा कंस येतो, तो त्या दोन रेषांमधील कोनाचें माप (महत्व) दाखवितो.

(३) कोन मापणारे कंस कितीही लांब अथवा आंखूड त्रिज्यांनीं काढलेले असेल तरी त्या त्रिज्यांमधील ते कंस व कोन यांमधील अंशांची संख्या सारखीच होईल, कारण ते ३६० चे सारखेच भाग असतात.

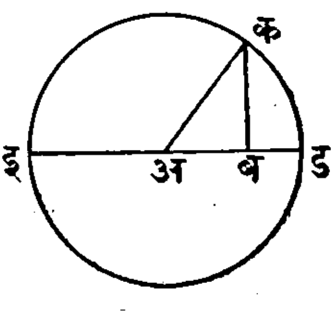
(४) ज्या दोन कंसांची बेरीज अर्ध वर्तुळाबरोबर असते, तसेंच

ज्या दोन कोनांची बेरीज दोन काटकोनांबरोबर असते, त्या दोन कंसांस व दोन कोनांस एकमेकांचे **पूरक कंस किंवा पूरक कोन** (म्ह० सप्लिमेंट) असें म्हणावें.

(५) ज्या दोन कंसांची अथवा कोनांची बेरीज अथवा वजाबाकी वर्तुळपादा (चतुर्थांशा)–बरोबर अथवा एक काटकोनाबरोबर असेल, त्या कंसांस अगर कोनांस एकमेकांचे **भरतीचे कंस** अथवा **भरतीचे कोन किंवा कोटिकोन**(कांप्लिमेंट) असें म्हणतात.

(६) प्रत्येक सरळ रेषा-त्रिकोणांत सहा अवयव म्हणजे तीन बाजू व तीन कोन यांचा विचार करावयाचा असतो; परंतु तीं विजातीय परिमाणें असल्यामुळें त्यांची एकमेकांशीं प्रत्यक्ष तुलना करतां येत नाहीं: परंतु त्या त्रिकोणाची एक बाजू ही त्रिज्या मानून काढिलेल्या वर्तुळाशीं त्यांचा संबंध जोडिला असतां त्या त्रिकोणाच्या बाजू व त्यांनीं एकमेकांशीं केलेले कोन, अगर कोन मापणारे कंस यांच्यामधील संबंध काढितां येतो.

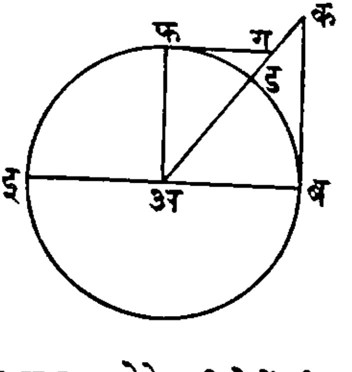
२१ व्या आकृतीमध्यें अ ब क या सरळ रेषा त्रिकोणाभोंवतीं अ क (कर्ण) त्रिज्येनें क ड ई हें वर्तुळ काढिलें आहे; तर अ ब रेघ वर्तुळाच्या दोन्ही बाजूंस परिघांस इ व ड बिंदूंत मिळेल अशी वाढविली असतां ती त्या वर्तुळाचा व्यास होईल; क ड हा कंस अकोनाचें माप दाखवील. या कंसाच्या



एका टोंकापासून काढलेल्या (ड ई) व्यासावर त्या कंसाच्या दुसऱ्या टोंकापासून काढलेल्या लंबास म्ह० क ब बाजूस त्या

कंसाची (साईन) भुजज्या म्हणावें. क ह्या कोनाचें माप ड क कंसाच्या पूरक कंसानें दाखविलें जातें व अ ब ही कची भुजज्या (साईन) आहे म्हणून तिला अची पूरक भुजज्या किंवा कोभुजज्या म्हणतात. कोणत्याही कंसाचा शर (व्हरसेड साईन) म्हणजे त्या कंसाचें एक टोंक व भुजज्या यांच्यामध्यें येणारा व्यासाचा तुकडा बड होय. व (सव्हरसेड साईन)—म्हणजे त्याचे भरतीच्या कंसाचा शर (व्हरसेड साईन) होय. जसें:— ब ई ही, डकची सव्हरसेड साईन आहे. अथवा डकच्या (सप्लिमेंट) भरतीच्या कोनाची (साईन) भुजज्या आहे.

२२ व्या आकृतीमध्यें अ ब क त्रिकोणाचा अ ब पाया ही त्रिज्याधरून अ मध्यापासून वर्तुळ काढलें व, ब अ, ईपर्यंत वाढविली तर ब ई हा व्यास झाला, व ब ड हा कंस अ कोनाचें माप (महत्त्व) दाखवितो. व ब ड कंसाच्या व्यासाशीं मिळणाऱ्या ब टोंकापासून त्या व्यासाशीं काटकोन करून काढलेली रेषा ब क, वर्तुलमध्यांतून व कंसाचे



दुसरे ड टोंकांतून काढिलेल्या दुसऱ्या अ ड क रेघेला मिळेतोंपर्यंत वाढविली असतां त्या रेषेस **स्पर्शरेषा** असें म्हणावें. म्हणजे ब क ही **स्पर्शरेषा** होय. व तिला छेदणारी कंसाच्या दुसऱ्या टोंकांतून व वर्तुलमध्यांतून जाणारी अ क ही **छेदनरेषा** होय. म्हणजे अ कोनाची अथवा त्याचें महत्त्व दाखविणाऱ्या ब ड कंसाची ब क ही स्पर्शरेषा व अ ड क ही **छेदनरेषा** होय. आणि क

कोन मापणारा कंस हा बडचा भरतीचा कंस आहे; म्हणून फ ग ही त्याची स्पर्शरेषा होय, म्हणूनं तिला बडची अथवा अ को-नाची को-स्पर्शरेषा म्हणावें. वर्तुळमध्यांतून व कंसाच्या दुसऱ्या टोंकांतून जाऊन स्पर्शरेषेस मिळणारी रेष ती छेदनरेष होय. म्हणून अक ही बड कंसाची अथवा अ कोनाची छेदनरेषा होय. आणि अग ही त्याच्या पूरक कोनाची छेदन रेषा होय. अथवा बडची को-छेदनरेषा होय.

खालीं लिहिलेलीं त्रिकोणामितींतील प्रमाणें आहेत.

भुजज्या (साईन) sine,
को-भुजज्या (को-साईन) co-sine
स्पर्शरेषा (टांजन्ट) tanjent
को-स्पर्शरेषा (को-टांजन्ट) co-tanjent
छेदनरेषा (सीकंट) secant
को-च्छेदनरेषा (को-सीकंट) co-secant

या प्रमाणांचा परस्परांशीं संबंध दाखवितांना त्यांच्या छेद-स्थळीं त्रिज्या व अंशस्थळीं तीं नांवें दाखविणाऱ्या बाजू लिहून अपूर्णांकांनीं लिहितात;—जसें आकृती २१ मध्यें.

$\frac{\text{बक}}{\text{अक}}$=(साईन अ) भुजज्या अ=को भुजज्याक (को—साईनक.)

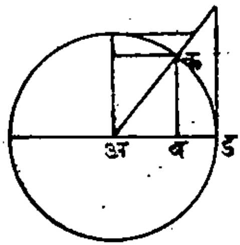
$\frac{\text{अब}}{\text{अक}}$=को भुजज्या अ=भुजज्याक.

आकृती २२ मध्यें.

$\frac{\text{कब}}{\text{अब}}$=स्पर्शरेषा—अ.

$$\frac{\text{अक}}{\text{अब}} = \text{छेदनरेषा अ.}$$

या दोन आकृती २१ व २२ मधील त्रिकोण सरूप आहेत अशी कल्पना केली आहे. ते दोन्ही त्रिकोण आ. २३ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें एकाच आकृतींत दाखवितां आले असते, परंतु लहान विद्यार्थ्यांस तें समजणें कठीण पडूं नये म्हणून ते निरानिराळे दाखविले आहेत. विद्यार्थ्यानें त्रिकोणमितीचें थोडें तरी ज्ञान मिळविल्याशिवाय राहूं नये.



आ० २३ वी.

हें सहज दाखवितां येईल कीं (१) को-छेदनरेषेनें गुणणें व भुजज्यानें भागणें हें सारखेंच आहे, (२) छेदनरेषेनें गुणणें व को-भुजज्येनें भागणें हें सारखेंच आहे, (३) स्पर्शरेषेनें गुणणें व को-स्पर्शरेषेनें भागणें हें सारखेंच आहे.

कारण ज्या एक धरिली असतां असें दाखवितां येईल कीं,

$$\text{छेदनरेषा} = \frac{1}{\text{कोभुजज्या.}} \qquad \text{कोछेदनरेषा} = \frac{1}{\text{भुजज्या.}}$$

$$\text{स्पर्शरेषा} = \frac{1}{\text{कोस्पर्शरेषा}}$$

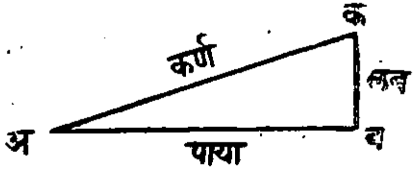
$$\text{कोस्पर्शरेषा} = \frac{1}{\text{स्पर्शरेषा.}}$$

वरील माहितीवरून उदाहरणें सोडवितांना भागाकाराचें काम गुणाकारानें होईल व लागर्थमाचा उपयोग केला असतां वजा-बाकीचें काम बेरजेनें होईल हें सहज लक्ष्यांत येईल.

त्रिकोणमितींतील व्याख्यांचें विशेष स्पष्टीकरण.

कोनः—एका सरळ रेषेंत नसणाऱ्या दोन सरळ रेषा एका बिंदूशीं मिळाल्या असतां त्यांचे मधील वक्रतेस कोन म्हणतात.

जसें:—अब आणि कअ अबिंदूशीं मिळून कअब कोन करितात त्यास अ कोन म्हणूं.



अकतील कोणत्याही क बिंदूपासून अबवर कब लंब काढिला असतां, त्रिकोणमितीचीं प्रमाणें अबक या काटकोन त्रिकोणाच्या बाजूंनीं दाखविलीं जातात. तीं अशीं:—

$$\frac{\text{कब}}{\text{अक}} = \text{भुजज्या अ} = \frac{\text{लंब}}{\text{कर्ण}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad १$$

$$\frac{\text{अब}}{\text{अक}} = \text{कोभुजज्या अ} = \frac{\text{पाया}}{\text{कर्ण}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad २$$

$$\frac{\text{कब}}{\text{अब}} = \text{स्पर्शरेषा अ} = \frac{\text{लंब}}{\text{पाया}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad ३$$

$$\frac{\text{अब}}{\text{कब}} = \text{को-स्पर्शरेषा अ} = \frac{\text{पाया}}{\text{लंब}} \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\frac{\text{अक}}{\text{अब}} = \text{छेदनरेषा अ} = \frac{\text{कर्ण}}{\text{पाया}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad ५$$

$$\frac{\text{अक}}{\text{बक}} = \text{कोछेदनरेषा अ} = \frac{\text{कर्ण}}{\text{लंब}} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad ६$$

आतां

$$\text{स्पर्श अ} \times \text{को-स्पर्श अ} = \frac{\text{कब}}{\text{अब}} \times \frac{\text{अब}}{\text{कब}} = १$$

$$\text{म्हणून स्पर्श. अ} = \frac{१}{\text{कोस्पर्श अ}}; \text{कोस्पर्श अ} = \frac{१}{\text{स्पर्श अ}}.$$

$$\text{छेदन अ} \times \text{कोभुज अ} = \frac{\text{अक}}{\text{अब}} \times \frac{\text{अब}}{\text{अक}} = १$$

$$\text{छेदन अ} = \frac{१}{\text{कोभुज अ}}; \text{कोभुज अ} = \frac{१}{\text{छेदन अ}}.$$

तसेंच

$$\text{कोछेदन अ} \times \text{भुजज्या अ} = \frac{\text{अक}}{\text{बक}} \times \frac{\text{बक}}{\text{अक}} = १$$

$$\therefore \text{को-छेदन अ} = \frac{१}{\text{भुजज्या अ}}; \text{भुजज्या अ} = \frac{१}{\text{कोछेदन अ}}.$$

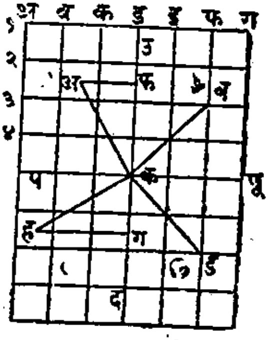
हीं प्रमाणें विद्यार्थ्यांच्या लक्ष्यांत लवकर येतील म्हणून मुद्दाम दिलीं आहेत तीं लक्ष्यपूर्वक वाचावींत.

भाग सातवा.

सरळ पातळी नौकागमन.

या नौकागमनांत अशी कल्पना केली असते कीं, पृथ्वीचा पृष्ठभाग अगदीं सपाट आहे, मध्यान्हवृत्तें या सरळ रेषा आहेत, त्या एकमेकींशीं समांतर आहेत, व भूमध्यवृत्तावर लंब आहेत; तसेंच अक्षांशवृत्तें ह्या सरळ रेषा आहेत, व त्या एकमेकींशीं व भूमध्य-वृत्ताशीं समांतर आणि बरोबर आहेत. पृथ्वीच्या पाठीवरील कोण-ताही भाग अगदीं सपाट आहे हें म्हणणें बरोबर नाहीं. तथापि गलबत फार लांब जात नसेल व पृथ्वीवरील थोडे चौरस मैलांचा मात्र विचार करावयाचा असेल, तेव्हां या सरळ पातळी-नौकागमनानें केलेलें गणित पुष्कळ उपयोगीं पडतें व तें बहुतेक जवळ जवळ बरोबर असतें.

उ, पू, द, प, हा पृथ्वीच्या पृष्ठ भागाचा एक तुकडा सरळ पातळीवर (सपाट कागदावर) काढिलेला आहे, अशी कल्पना करा. त्यावर १, २, ३, ४, ई. अक्षवृत्तें काढिलेलीं आहेत व अ ब क ड इ इत्यादि मध्यान्हवृत्तें काढिलीं आहेत असें समजा.



आ० २४ वी.

आतां अशी कल्पना करा कीं क ठि-काणाहून एक गलबत क अ दिशेनें जा-ण्यास तयार आहे. तें अ या स्थळीं आलें म्हणजे अक हें त्याचें नाविक मैलांत अंतर होय; फक, हें त्याचें अक्षां-

शांतर होय. अफ त्याचें रेखांशांतर होय. व अकफ हा त्याचा गमनमार्गकोण होय. यांतील कोणतींही दोन मापें मिळालीं तर तिसरें त्रिकोणमितीच्या व्याख्यांवरून सहज काढितां येतें.

आतां अफक त्रिकोणांत, त्रिकोणमितीच्या व्याख्यांवरून.

$$\text{भुजज्याक} = \frac{\text{अफ}}{\text{अक}}$$

$$\text{अथवा गमनमार्गकोणाची भुजज्या} = \frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{अंतर.}}$$

$$\text{म्हणजे गमनमार्गभुजज्या} = \frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{अंतर}}$$

म्हणून रेखांशांतर=अंतर×गमनमार्गकोण–भुजज्या.

$$\therefore \text{अंतर} = \frac{\text{रेखांशांतर.}}{\text{गमनमार्गभुजज्या}} = \frac{\text{डीपारचर}}{\text{साईनकोर्स.}}$$

∴ अंतर=रेखांशांतर×गमनमार्गकोछेदनरेषा

$$\text{को साईनक} = \frac{\text{फक}}{\text{अक}}$$

$$\text{अथवा गमनमार्गकोणाची कोभुजज्या} = \frac{\text{अक्षांशांतर}}{\text{अंतर.}}$$

∴ म्हणून अक्षांशांतर=अंतर×गमनमार्गकोभुजज्या.

∴ अंतर=अक्षांशांतर×गमनमार्गछेदनरेषा.

$$\text{स्पर्शरेषा क} = \frac{\text{अफ.}}{\text{फक.}}$$

$$\text{अथवा गमनमार्ग स्पर्शरेषा} = \frac{\text{रेखांतर.}}{\text{अक्षांतर.}}$$

विद्यार्थ्यानें वरील प्रमाणें पुरीं समजे तोंपर्यंत वारंवार वाचावीं व तीं कअफ, बकफ, कडग, आणि कहग. या चारी त्रिकोणांस लावून पहावीं.

उदाहरण १:—एक गलबत अक्षांश $४१^{\circ}-१५'$. पासून ८५ मैल N. W. म्हणजे वायव्य दिशेनें जातें; तर त्याचें अक्षांशांतर व रेखांशांतर काढा.

क स्थलापासून तें गलबत निघालें, व अक ही रेघ ८५ मैल अंतर दाखविते. असें समजा. उत्तर-दक्षिण दिशेनें जाणाऱ्या क स्थलाच्या मध्यान्हवृत्तावर अफ ही लंब काढा. अफ हें रेखांशांतर झालें म्ह० तें ज्या मध्यान्हवृत्तापासून गलबत निघालें व ज्या मध्यान्हवृत्तावर तें आलें त्या दोन मध्यान्हवृत्तांमधील लंबांतर होय. क फ हें अक्षांशांतर होय. म्हणजे ज्या अक्षांशवृत्तापासून गलबत निघालें व ज्या अक्षांशवृत्तावर तें आलें त्या दोहोंमधील अंतर होय. फकअ हा कोन गमनमार्ग दाखवितो म्हणजे वायव्य दिशा अथवा उत्तरेकडून ४५° पश्चिमेकडे हा गमनमार्गकोण होय. आतां आपण पहिल्यानें अक्षांशांतर काढूं. अफक त्रिकोनांत कफ हें अक्षांशांतर आहे व त्याचा अकफ गमन—मार्ग—कोणाच्या कोभुजज्येशीं संबंध आहे. म्हणून कोभुजज्या व अक्षांशांतर यांचा संबंध दाखवूं. जसें:—

$$\text{गमनमार्ग कोभुजज्या} = \frac{\text{कफ}}{\text{अक}} = \frac{\text{अक्षांशांतर}}{\text{अंतर}}.$$

$\therefore$ म्हणून अक्षांशांतर=अंतर×गमनमार्गकोभुजज्या.

$$= ८५ \times ४५^{\circ} \text{ कोभुजज्या}.$$

∴ लाग ८९ = १.९२९४१९ } कोष्टकावरून
लाग कोभुजज्या ४५° = ९.८४९४८५ }

११.७७८९०४

लाग० ६०·१ = १.७७८९०४

∴ म्हणून अक्षांशांतर=६०.१ मैल उत्तरेकडे.

रेखांशाचा संबंध भुजज्येशीं आहे:—

तेव्हां गमनमार्ग भुजज्या=$\frac{\text{अफ}}{\text{अक}}$=$\frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{अंतर}}$=$\frac{\text{अफ}}{\text{अक}}$

∴ म्हणून रेखांशांतर=अंतर×गमनमार्गभुजज्या.

लाग ८९=१. ९२९४१९ } कोष्टकांवरून
लाग भुजज्या ४५°=९. ८४९४८५ }

१. ७७८९०४

लाग६० १= १. ७७८९०४

म्हणून रेखांशांतर=६०·१ मैल पश्चिमेकडे.

या उदाहरणांत रेखांशांतर व अक्षांशांतर हें सारखेंच आहे;व जेव्हां गमनमार्ग ४५° असतो तेव्हां सदोदित अक्षांशांतर व रेखांशांतर सारखेंच असतें म्हणजे ईशान्य, आग्नेय, नैर्ऋत्य आणि वायव्य या चार उपदिशांस गलबत जात असतां त्याचें रेखांशांतर व अक्षांशांतर सारखेंच असतें. अक्षांशांतर ६०·१ मैल आलें एका अंशाचे ६० मैल होतात म्हणून ६०·१ यास ६० भागिलें असतां १° व एका अंशाच्या साठ कला असतात, तेव्हां प्रत्येक मैल ही एक कला होय. यांत मैल राहिले नाहींत म्हणून ० कला आल्या व ·१ मैलास ६० यांनी गुणिलें ६·० इतक्या विकला आल्या म्हणजे=६·″

आतां आपलें गलबत रेखांश=४१°–१५′–०″ वरून निघालें व रेखांशांतर ६०·१ मैल = १°–०′–६″ चाललें.

∴ म्हणून तें गलबत= ४२°–१५′–६″ रेखांशावर आलें. वरील उदाहरणावरून पुढील दोन नियम निघतातः—

१ ला नियमः—अक्षांशांतर काढण्यास, लाग अंतरास लाग-को-भुजज्यागमनमार्गे मिळवावा, बेरीज येईल ती अक्षांशांतराचें लागरथम् होय. (त्यावरून कोष्टकामधून अक्षांशांतर मैलांत येईल त्याचे अंश करावे)—

२ नियमः—रेखांशांतर काढण्यास लाग अंतरास लाग-भुजज्या गमनमार्गे मिळवावा व बेरीज येईल ती रेखांशांतराचें लागरथम् येईल (त्यावरून कोष्टकामधून रेखांशांतर काढावें ते मैल येतील त्याचे अंश करावे.)

२ रें उदाहरणः—एक गलबत ४४°–३०′ उत्तर अक्षांशापासून E. N. E. या दिशेनें निघालें व उत्तर अक्षांश ४६°–१०′–०″ पर्यंत चाललें; तर तें किती अंतर चाललें व त्याचें रेखांशांतर किती तें काढा.

अक्षांशांतर दिलें आहे.कारण गलबत निघालें तेथील उ० अक्षांश ४४°–३०′–० व गलबत आलें तेथील उत्तर अक्षांश ४६°–१०′–०″ दिलें आहेत }

४४°–३०′–०″ उ०
४६°–१०′–०″ उ०

त्यांची वजावकी हे अक्षांशांतर ∴ म्हणून १°–४०′–०″ उ०

आतां १°×६०+४० बरोबर मैल. $=\frac{६०}{१००}$ मैल.

आतां अक्षांशांतराचा संबंध गमनमार्गाच्या कोभुजज्यशीं असल्यामुळें:—

कफब त्रिकोणांत

$$\text{को भुजज्यागमनमार्ग.} \ldots\ldots = \frac{\text{कफ}}{\text{बक}} = \frac{\text{अक्षांशांतर.}}{\text{अंतर.}}$$

येथें आपणास गमनमार्गकोण व अक्षांशांतर हीं दोन्ही माहीत आहेत, तेव्हां आपणास अंतर काढितां येईल.

$$\therefore \text{अंतर} = \frac{\text{अक्षांशांतर.}}{\text{को भुजज्यागमनमार्ग.}} = \text{अक्षांशांतर} \times \text{छेदनरेषा.गमनमार्ग.}$$

$$= १०० \times \text{छेदनरेषा. } ६७^{\circ} - ३०''$$

लाग १०० .... = २००००००

लागछेदनरेषा (६७°—३०′)=१०·४१७१६०

२·४१७१६०

लाग० २६१·३ .... = २·४१७१६०

∴ अंतर २६१·३ मैल E. N. E. दिशेंत. आतां रेखांशांतर काढण्यास भुजज्येशीं संबंध आहे;

$$\text{म्ह० भुजज्यागमनमार्ग} = \frac{\text{कफ}}{\text{कब}} = \frac{\text{रेखांशांतर.}}{\text{अंतर.}}$$

$$\text{रेखांशांतर} = \text{अंतर} \times \text{भुजज्यागमनमार्ग}$$

$$= २६१·३ \times \text{भुजज्या } (६७^{\circ} - ३०'.)$$

लाग २६१·३————————=२·४१७१ ६०

लाग भुजज्या ६७°–३०′ ————=९·९६५६·१५

२·३८२७ ७५

लाग २४१·४———————— = २·३८२७ ७५

∴ अंतर=२४१·४ मैल पूर्व.

यावरून आपणास एक तिसरा नियम अंतर काढण्याचा मिळतो तो असाः---

३ रा नियमः—अंतर काढण्यास अक्षांशांतराच्या लागरथमांत गमनमार्ग छेदनरेषेचें लागरथम् मिळवावें व बेरीज येईल ती अंतराचें लागरथम् होईल (त्यांवरून कोष्टकांतून अंतर काढावें.)

३ रें उदाहरणः—एक गलबत उत्तरअक्षांश ४४°–३०′–०″ वरून S.S.E. दिशेनें ८० मैल जातें; तर त्याचें रेखांशांतर किती व तें कोणत्या अक्षांशावर आलें, तें सांगा.

गमनमार्ग S.S.E. किंवा दक्षिणेहून पूर्वेकडे २२°–३०′–०″ आहे. व अंतर ८० मैल आहे.

आतां प्रथम रेखांशांतर काढूं; म्हणजे कगड त्रिकोणांत गकड कोनाची (गमनमार्गाची) भुजज्या काढा.

$$\text{भुजज्या गमनमार्ग} = \frac{\text{गड}}{\text{कड}} = \frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{अंतर}}$$

∴ रेखांशांतर = अंतर × भुजज्यागमनमार्ग

=८०×भुजज्या (२२°-३०′)

कोष्टकावरून

लाग ८०————————= १. ९०३०९०
लागभुजज्या २२°–३०′———= ९. ५८२८४०
१. ४८५९३०
लाग ३०·६१ – ————=१. ४८९९३०

ह्मणून:—

अंतर=३०·६१ मैल पूर्व.

आतां अक्षांशांतर काढूं; म्हणजे कगड त्रिकोणांत गमनमार्गाची कोभुजज्या काढावी.

$$\text{कोभुजज्या ग क ड} = \frac{\text{गक}}{\text{कड}} = \frac{\text{अक्षांशांतर}}{\text{अंतर}}$$

∴ अक्षांशांतर =अंतर×कोभुजज्यागमनमार्ग
=८०×कोभुजज्या २२°–३०′.

लाग (घातांक) ८०............१. ९०३०९०
लाग (घातांक) २२°–३′......९. ९६५६१५
कोष्टकावरून १. ८६८७०५
घातांक ७३.९१..................१. ८६८७०५

∴ (म्हणून) अक्षांशांतर ७३. ९१ मैल. आतां साठ मैलांचा १° व १३=मैल १३ कला व ·९१×६०=५४·६०″ विकला म्हणून

रेखांशांतर=१°–१३′–५४·६″.

∴ गलबत आलें त्या स्थलाचे अक्षांश काढण्यास,
गलबत निघालें तेथील अक्षांश=४४°–३०′–उत्तर.
+ अक्षांशांतर.................... = १°–१३′–५४·६″ उ०
बरोबर गलबत आलें त्या स्थलाचे अक्षांश.=४३°–१६′–५·४″उत्तर.

४ थें उदाहरणः—एक गलबत ४४°–३०′–०″ उत्तर अक्षांशावरून निघालें, व दक्षिण आणि पश्चिम या दिशांच्या मधून १७० मैल चालून उत्तर अक्षांश ४२°–५५′–४४″ वर आलें; तर त्याचा खरा गमनमार्ग कोणता व त्याचें रेखांशांतर काय तें सांगा?

(अ) अंतर १७० मैल दिलेलें आहे.

(ब) अक्षांतर दिलेलें आहे. कारण,

निघाल्या जागेचे अक्षांश ४४°–३०′– ०″ उत्तर.

आलेल्या जागेचे अक्षांश ४२ –५५ –४४″ उत्तर.

° ′ ″

अक्षांशांतर. दक्षिण. १°–३४′—१६″

१° अंशाचे ६० मैल.=६०+३४=९४

$\frac{१६''}{६०}$=·२६ ∴ =९४. २६ मैल दक्षिण.

आतां (१) आपणास गमनमार्ग काढावयाचा आहे. व आपणास अंतर व अक्षांशांतर माहीत आहे म्हणून आपण कहग त्रिकोणाची कोभुजज्या काढली पाहिजे, म्हणजे गमनमार्ग निघेल.

कोभुजज्या क ह ग = $\frac{\text{कग}}{\text{क ह}}$ = $\frac{\text{अक्षांशांतर}}{\text{अंतर}}$ = $\frac{\text{९४-२६}}{\text{१७०}}$

९४-२६ चा घातांक (+ १०)=११. ९७४३२७

१७० चा घातांक ....=२. २३०४४९

कोभुजज्या ५६°–१९′ चा घातांक = ९. ७४३८७८

∴ गमनमार्ग ५६°–१९′ दक्षिणेकडून पश्चिमेस.

आतां (२) रेखांशांतर काढण्यास आपण भुजज्येचा उपयोग केला पाहिजे. हकग त्रिकोणांत.

$$\text{भुजज्या हकग} = \frac{\text{हग}}{\text{हक}} = \frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{अंतर}}$$

∴ (म्हणून) रेखांशांतर=अंतर×भुजज्या हकग

=१७०×भुजज्या ५६°-१९′

घातांक भुजज्या ५६°–१९′ ....=९. ९२०१८४

घातांक १७० ....=२. २३०४४९

कोष्टकावरून २. १५०६३३

घातांक १४१. ४ ....=२. १५०६३३

∴ (म्हणून) रेखांशांतर=१४१. ४ मैल पश्चिमेकडे.

या उदाहरणावरून गमनमार्ग काढण्याचा एक नियम निघतो तो असाः—

(१) गमनमार्ग काढण्यास, अक्षांशांतराचे घातांकांतून अंतराचा घातांक वजा करावा, बाकी राहील तो गमनमार्गाचे कोभुजज्येचा घातांक होय. (वजाबाकी करितांना अक्षांशांतराचे घातांकांत १० मिळवावे.)

५ वें उदाहरणः—एक गलबत उत्तर अक्षांश ४४°–३०′–०″वरून निघून उत्तर व पश्चिम यांच्या मधील कोणत्या तरी दिशेनें २०० मैल जातें; तेव्हां त्याचें रेखांशांतर १५५ मैल होतें; तर तें कोणत्या खऱ्या गमनमार्गानें गेलें व त्याचें अक्षांशांतर किती तें काढा.

(१) अंतर दोनशें २०० मैल. दिलेलें आहे, व (२)

रेखांशांतर १५५ मैल दिलेले आहे. यावरून गमनदिशा (मार्ग) काढावयाची.

रेखांशांतर १५५ मैल दिलें आहे तेव्हां कअफ त्रिकोणांत आपण भुजज्येचा (साईनचा) उपयोग करावा म्हणजे गमन-दिशा निघेल.

$$\text{भुजज्या अकफ} = \frac{\text{अफ}}{\text{अक}} = \frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{अंतर}} = \frac{१५५}{२००}$$

घातांक १५५ (+ १०)....=१२. १९०३३२
घातांक २०० ....=२. ३०१०३०

(कोष्टकावरून) ९. ८८९३०२

भुजज्या (५०°–४८′)..............=९. ८८९३०२

∴ गमनमार्ग उत्तरेकडून ५०°–४८′ पश्चिमेकडे.

(२) अक्षांशांतर काढण्यास कोभुजज्येचा उपयोग करावा. म्हणून अकफ त्रिकोणांत.

$$\text{को भुजज्या अकफ} = \frac{\text{कफ}}{\text{अक}} = \frac{\text{अक्षांशांतर}}{\text{अंतर.}}$$

∴ अक्षांशांतर=अंतर×को भुजज्या अकफ
=२००×को भुजज्या (५०°–४८′)

घातांक २०० ——————— = २·३०१०३०
घातांक कोभुजज्या (५०°–४८′)=९.८००७३७

(कोष्टकावरून) २·१०१७६७

घातांक १२६.४ ——————— = २·१०१७६७

∴ (म्हणून) अक्षांशांतर =१२६.४ मैल उत्तरेस.

गलबत ज्या अक्षांशावर आलें तें काढण्यास जेथून तें निघालें

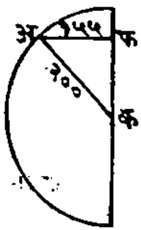
त्याचे अक्षांश————४४°-३०′-०″ उ.

अक्षांशांतर १२६·४मैल = २°-६′-२४″ उ.

∴ गलबत आल्या जागेचे अक्षांश =४६°-३६′-२४″ उ.

१२६ मैलांस ६० नीं भागिलें म्हणजे २° आले बाकी ६ मैल राहिले त्या ६ कला झाल्या व ४ मैलांस ६० गुणिले म्हणजे २४ विकला आल्या म्हणून १२६·४मैल म्हणजे=२°-६′-२४″झाले.

टीपः—आतां हें लक्ष्यांत येईल कीं, वरील उदाहरणें सोडवितांना



आ० २५.

घातांकांत आपण वरचेवर १० मिळवितों अगर वजा करितों, त्याचें कारण असें आहे कीं (पांचवें उदाहरण घ्या व त्यांतील आकृति काढा.) येथें अक ही त्रिज्या आहे व आपणास माहीत आहे कीं, लागरथमाचीं कोष्टकें ($१०^{१०}$) म्हणजे दहाचा दश घात ही त्रिज्या धरून केलेलीं आहेत; म्हणून कोणत्याही त्रिज्येचें लागरथम् अथवा घातांक १० आहेत कारण ते त्या संख्येचे वेळा प्रकाशक आहेत; म्हणून येथें असें त्रैराशिक प्रमाण असतें:—

२०० : त्रिज्या : : १५५: भुजज्या अ क फ. ∴ म्हणून

$$\text{भुजज्या अकफ} = \left\{ \frac{\text{घातांक } १५५ \times \text{घातांक } १०^{१०} \text{ (त्रिज्या)}}{\text{घातांक } २००} \right.$$

तसेंच अक्षांतर फक काढण्यास:—

त्रिज्या: २००: : कोजभुज्या अकफः अक्षांतर फक.

म्हणून अक्षांतर क फ $= \left\{ \dfrac{\text{कोभुजज्या अ क फ} \times २००}{\text{त्रिज्या} (१०^{१०})} \right.$

या (पांचव्या) उदाहरणावरून गमनमार्ग काढण्याचा दुसरा नियम निघतो तो असाः—

२ रा नियमः—गमनमार्ग काढण्यास, रेखांशांतराचे घातांकांत १० मिळवून त्यांतून अंतराचा घातांक वजा करा. बाकी राहील तो गमनमार्गभुजज्येचा घातांक होय.

६ वें उदाहरणः—एक गलबत उत्तराक्षांश--४४°–३०′–०″ वरून निघून S दक्षिण व E पूर्व याच्या मधील कोणत्या तरी दिशेनें रेखांशांतर ८० मैल व अक्षांशांतर १६९ मैल होईल तोंपर्यंत जातें; तर त्याचा खरा गमनमार्ग काय व त्याचें अंतर किती आणि तें कोणत्या अक्षांशांतरावर आलें तें सांगा.

येथें अक्षांशांतर १६९ मैल व रेखांशांतर ८० मैल दिलेलें आहे. त्यावरून आपणास गमनमार्ग क ड ग त्रिकोणावरून काढितां येईल.

(आकृति २६ पहा–).

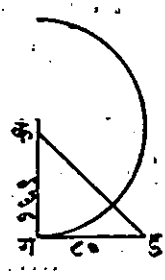
स्पर्शरेषा ड क ग $= \dfrac{\text{गड}}{\text{गक}}$.

$= \dfrac{\text{रेखांशांतर.}}{\text{अक्षांशांतर.}} = \dfrac{८०}{१६९}$

घातांक८०(+१०)=११·९०३०९०.

घातांक१६९= २·२२७७८८,

९·६७५३०२



आ० २६.

घातांकस्पर्शरेषा २५°–२०′=९·६७५२०३

∴ गमनमार्ग कोन दक्षिणेकडून २५°–२०′ पूर्वेकडे हा होय.

भुजज्येचा अथवा कोभुजज्येचा उपयोग करून अंतर काढितां येतें:—

$$\text{भुजज्या गकड} = \frac{\text{गड}}{\text{कड}} = \frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{अंतर}}$$

$$\therefore \text{अंतर} = \frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{भुजज्या गकड}} = \text{रेखांशांतर} \times \text{छेदनरेषा गकड.}$$

$$= ८० \times \text{कोछेदनरेषा } (२५°–२०′)$$

घातांक ८०.....................=१·९०३०९०

घातांक कोछेदनरेषा२५°–२०′=१०·३६८६७४

(कोष्टकावरून) २·२७१७६४

घातांक १८६·९ =२·२७१७६४

∴ अंतर=१८६·९ मैल.

गलबत निघालें तेथील अक्षांश. ४४°–३०′–०″ उत्तर.

वजा अक्षांशांतर—२°–४९′–०″ द०

∴ गलबत आलें तेथील अक्षांश.=४१°–४१′–० उ०—

७ वें उदाहरण:—वरील उदाहरणांत जर होक्याचें चलन ३१°–२०′ पूर्वेकडे व विचलन ९° पश्चिमेस असतें, तर गमन-मार्ग काय होता.

खरा गमनमार्ग............२५°–२०′दक्षिणेचे डावे बाजू.

चलन........................ ३१°–२०′–०″ (उलट).

५६°–४०′–०″

विचलन........................ ९— ०— द. उ. बा.

होक्यावरील गमनमार्ग   ४७°–४०′–०″ द. डा. बा.

या उदाहरणावरून गमनमार्ग काढण्याचा तिसरा नियम निघतो तो असा:—

३ रा नियमः—गमनमार्ग काढण्यास--रेखांशांतराचे घातांकांतून अक्षांतराचा घातांक वजा करावा. बाकी राहील तो गमनमार्ग–स्पर्श–रेषेचा घातांक होय.

८ वें उदाहरणः—एक गलबत अ पासून ब पर्यंत गेलें तर होक्यावरून गमनमार्ग काय होईल?—

अचे उत्तर अक्षांश ५०°–२५, पश्चिम रेखांश ५°-१५′; बचे उ० अक्षांश-५१°–५५′, पश्चिम रेखांश ५°–१५′, होक्याचें चलन २३°-१६′ पश्चिमेस, विचलन ८°–४′ पूर्वेस आहे.

येथें फक्त अक्षांशांतर १°–३०′=९० मैल आहे. रेखांशांतर नाहीं; ह्मणून खरा गमनमार्ग उत्तर हा आहे; व अंतर ९० मैल आहे. आतां आपणास खऱ्या गमनमार्गावरून होक्यावरील गमनमार्ग काढावयाचा आहे.

म्हणून चलन व विचलन हीं खरा गमनमार्ग काढितांना घेतात त्याचे उलट दिशेनें घ्यावीं.

खरा गमनमार्ग———उत्तर.

चलन————————२३°–१६′ उजवेकडे

विचलन———————८°—४′ डावेकडे.

होक्यावरील मार्ग   १५°–१२′ उजवेकडे.

म्हणजे उत्तरेच्या.   १५°–१२′ पूर्वेस.

सरलैकरेषानौकागमन—

म्हणजे एका सरळ रेषेंत गलबताची चाल काढणें:--या रीतीनें गलबत निरनिराळ्या दिशेनें निरनिराळीं अंतरें चालून शेवटीं ज्या स्थळीं येतें, त्या स्थळीं तें कोणच्या एकाच दिशेनें आलें असतें, व त्या शेवटच्या स्थलाचें प्रथम स्थलापासून एका सरळ रेषेंत अंतर किती झालें असतें, तें काढितां येतें. कोणतेंही गलबत एका बंदरापासून दुसऱ्या बंदरीं एकाच दिशेनें क्वचितच नेतां येतें. कारण मध्यें जमीन खडक, वाळूचे ढीग, प्रतिकूळ वारा वगैरे आल्यामुळें गलबताची दिशा वरचेवर फिरवावी लागते. हा जो निरनिराळ्या दिशेनें गलबताचा मार्ग त्यास ट्राव्हर्स म्हणतात.

५०. **ट्राव्हर्स कोष्टकें**—नाविककोष्टकांच्या प्रत्येक पुस्तकांत ट्राव्हर्स कोष्टकें असलीं पाहिजेत. तीं पुढें सांगितल्याप्रमाणें केलेलीं असतात. एक मैलापासून ३०० मैलांपर्यंत प्रत्येक पूर्ण मैलाचें अंतर दिलेलें असतें व त्या अंतरापुढें एक अंशापासून ४५° पर्यंत प्रत्येक दिशेचें (गमनमार्गाचें) अक्षांशांतर व रेखांशांतर दिलेलें असतें; म्हणजे = त्यांत काटकोन त्रिकोणाचे सर्व अवयव दिलेले असतात. कारण १ पासून ३०० पर्यंत अंतर दिलेलें असतें; तो त्या काटकोन त्रिकोणाचा कर्ण (काटकोनासमोरची बाजू) होय, व अक्षांशांतर आणि रेखांशांतर ह्या त्या काटकोनाच्या जवळच्या दोन बाजू होत. व १° पासून ४५° पर्यंत कोन दिलेले असतात त्यावरून तिन्ही कोन निघतात; कारण काटकोन त्रिकोणांत एक काटकोन असतोच व बाकीचे दोन कोन हे एकमेकांचे कोटि–कोण असतात. पहिल्या पानावर १ पासून ३०० पर्यंत मैल दिलेले असतात. त्यापुढें १° गमनमार्ग कोनाचें अक्षां-

शांतर व रेखांशांतर दिलेलें असतें. परंतु कोणत्याही कोनाची भुजज्या त्याचे कोटि-कोणाच्या कोभुजज्येबरोबर असते व १° चा कोटि-कोण ८९° हा आहे. म्हणून १ अंशाच्या कोनाचें अक्षांशांतर हें ८९° अंशाच्या कोनाच्या रेखांशांतराबरोबर आहे व १° अंशांच्या कोनाचें रेखांशांतर हें ८९° अंशांच्या कोनाच्या अक्षांशांतराबरोबर आहे. म्हणून १° अंशाच्या पानाचे खालीं ८९° मांडलेले असतात म्हणजे १° चे पान ८९° अंशाच्या उपयोगीं पडतें. फक्त अक्षांशांतराचे सदराखालीं रेखांशांतर लिहावें व रेखांशांतराच्या सदराखालीं अक्षांशांतर लिहावें म्हणजे झालें. याचप्रमाणें २° अंशाचें पान ८८° अंशाचे उपयोगीं पडतें म्हणून ४५ पानांत सर्व ट्राव्हर्स कोष्टक पुरें होतें. खरें म्हटलें असतां दर्यावर्दी लोक एक एक अंशावर गलबताची नाळ लावीत नाहींत. तर ते आपला गमनमार्ग एक एक दिशाबिंदु (११$\frac{1}{4}$°) म्हणजे खंड, व पाव दिशा बिंदु पावखंड (२$\frac{13}{16}$°) यावर लावितात. म्हणून पाव, अर्धा, पाऊण, इत्यादि दिशाबिंदूचें म्ह० खंडाचें अक्षांशांतर व रेखांशांतराचें कोष्टक निराळें तयार केलें असतें, म्हणजे तें पाव पाव दिशा बिंदूचे अंतरानें सर्व गमनमार्ग दाखवितें. व तें एक एक अंशाच्या अंतराच्या गमनमार्गाच्या कोष्टकाच्या आधीं देतात.

कोणत्याही काटकोन त्रिकोणाचे फक्त दोन अवयव दिले असतां ट्राव्हर्स कोष्टकावरून गणित केल्याशिवाय, इतर सर्व अवयव काढितां येतात. या रीतीस कोष्टकावरून गणित करण्याची रीति असें म्हणतात. या भागांत मागें दिलेलीं सर्व उदाहरणें या रीतीनें करितां येतील. म्हणून विद्यार्थ्यांनीं सरळपातळी

नौकागमनाचे हिशेबाचीं उत्तरें ट्राव्हर्स कोष्टकावरून पाहून आपले गणिताशीं मिळतात किंवा नाहीं तें पाहावें.

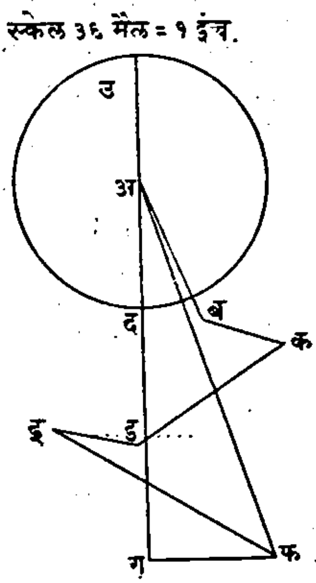
सरलैकरेषानौकागमनाची रीति म्हणजे—निरनिराळ्या दिशांनीं, निरनिराळ्या सरळ रेघांत झालेली गलबताची निरनिराळी चाल एकाच दिशेनें एकाच सरळ रेघेंत काढिली असतां कोणत्या दिशेनें व किती लांब येईल हें काढण्याची रीति होय. ही गलबताची मिश्र चाल एकाच दिशेनें (म्ह० एकाच सरळ रेघेंत) किती लांब येईल हें भूमितीच्या आधारें कसें काढावें तें, एक उदाहरण घेऊन प्रथम दाखवूं; व नंतर ट्राव्हर्स कोष्टकाचा उपयोग करून ती हमेशा कशी काढतात तें दाखवूं.

उदाहरण.

एक गलबत उत्तर अक्षांश ५१°–२५′ व पश्चिम रेखांश ८०°–१२′ या स्थलाहून निघालें, तें (१) S. S. E. (म्ह० दक्षिणेकडून पूर्वेकडे दोन बिंदु या दिशेनें ३० मैल चाललें; (२) E. बाय S. (म्हणजे पूर्वेकडून दक्षिणेकडे १ बिंदु) या मार्गानें १८ मैल चाललें; (३) नंतर S. W. बाय W. (म्हणजे दक्षिणेकडून पांच बिंदु पश्चिमेकडे) या मार्गानें ३६ मैल चाललें; व (४) W. $\frac{3}{4}$ N. (ह्मणजे उत्तरेकडून पश्चिमेकडे ७$\frac{1}{4}$ बिंदु)या मार्गानें १४ मैल चाललें व (५) SE by E $\frac{1}{4}$ E (ह्मणजे दक्षिणेकडून पूर्वेकडे ५$\frac{1}{4}$ बिंदु) या मार्गानें ४६ मैल चाललें, तर त्या गलबताचा एक गमनमार्ग व अंतर काय; व तें ज्या स्थळीं आलें त्या स्थळाचे अक्षांश व रेखांश काय तें काढा. ह्मणजे तें गलबत इतके निरनिराळे मार्ग क्रमून शेवटीं ज्या ठिकाणीं आलें, त्या ठिकाणीं एकाच सरळ मार्गानें आलें असतें, तर तें तेथें कोणत्या दिशेनें आलें असतें व

त्यास किती मैल चालावें लागलें असतें तें सांगा. व तें शेवटीं ज्या स्थळीं आलें त्या स्थळाचे अक्षांश व रेखांश किती तें सांगा.

आकृति २७ मध्यें अ हा दिशाचक्राचा मध्य आहे असें समजा. (१) प्रथम अ स्थळापासून गलबत S. S. E. दिशेनें ३० मैल गेलें तर अब रेघ S. S. E. दिशेनें काढा ह्मणजे उअग या मध्यान्हवृत्ताशीं अ ब २ बिंदु ह्मणजे २२°–३०′–० एवढा कोन करील. नंतर ३६ मैलांस १ इंच या अगर दुसऱ्या पाहिजे त्या स्केलानें अ ब ३० मैल लांब करून घ्या. (२) नंतर तें गलबत E बाय S या दिशेनें १८ मैल जातें ह्मणून ब क, E बाय S ह्मणजे दक्षिणेकडून पूर्वेकडे ७ बिंदु या दिशेनें त्याच स्केलानें १८ मैल काढा. (३) आतां गलबत SW by W या दिशेनें ३६ मैल जातें म्हणून क ड ही दक्षिणेकडून पांच बिंदु पश्चिमेकडे या दिशेनें काढा व ती स्केलानें ३६ मैल करून घ्या. (४)



आ० २७.

नंतर तें गलबत W $\frac{3}{4}$ N या दिशेनें १४ मैल जातें म्हणून ड ई उत्तरेकडून पश्चिमेकडे ७$\frac{1}{4}$ बिंदु ह्मणजे ८१°–३३′–४५″ एवढा कोन करून काढा व ती त्याच स्केलानें १४ मैल करून घ्या. (५) शेवटीं तें गलबत मागें फिरून SE बाय E $\frac{3}{4}$ E या दिशेनें ४६ मैल जातें म्हणून ई फ ही दक्षिणेकडून ५$\frac{3}{4}$

बिंदु पूर्वेकडे या दिशेनें काढा व ती ४६ मैल त्याच स्केलानें करून द्या. याप्रमाणें तें गलबत फ ठिकाणीं आलें. हें भूमितीच्या आधारें आकृतीवरून निघालें. आतां त्या स्थळाचे अक्षांश व रेखांश त्याच रीतीनें काढूं. ज्या अ स्थळावरून गलबत निघालें त्या स्थळाच्या उअग या मध्यान्हवृत्तावर फ बिंदूपासून फ ग हा लंब काढा म्हणजे फग हें रेखांशांतर होईल व तें स्केलानें २५ मैल आहे. अग हें अक्षांशांतर झालें व तें स्केलानें ७२ मैल आहे. अफ सांधा म्ह० गअफ हा गमनमार्ग कोन आहे व तो मापला असतां दक्षिणेकडून पूर्वेकडे १९ अंश आहे असें आढळून येईल. व अफ अंतर हें स्केलानें ७७ मैल भरतें म्हणून भूमितीच्या आधारें:—

अक्षांशांतर ७२. मैल.	हीं उत्तरें आलीं.
रेखांशांतर २५. मैल.	
गमनमार्ग कोन द० १९° पूर्वेस.	
अंतर .... ७७ मैल.	

टीपः—वरील उत्तरें भूमितीचे आधारें काढितांना आकृति फार जपून स्केलानें काढिली पाहिजे; त्यांत किंचित् चूक झाली असतां उत्तरांत मोठी चूक येण्याचा संभव आहे.

आतां या मिश्र मार्गाचा ट्रॅव्हर्स कोष्टकांवरून सरलैकरेषा-गमनमार्ग कसा काढावा तें दाखवूं म्हणजे, फक्त ट्रॅव्हर्स कोष्टकांचा उपयोग करून, कांहीं गणित केल्याशिवाय, वरील उत्तरें कशीं काढावीं तें समजेल.

याकरितां एक सहा सदरांचें कोष्टक तयार करावें लागतें. तें असें:—

ट्राव्हर्स कोष्टक.

गमनमार्ग (कोन).	अंतर मैल	अक्षांशांतर मैल		रेखांशांतर मैल	
		उ०	द०	पू०	प०
(Points)					
S. S. E. दक्षिणेक० पूर्वेस २ बिंदु.	३०		२७.७	११.५	
E. बाय् S. द० पूर्वेस ७ बिंदु.	१८		३.५	१७.७	
S. W. बाय W द० पश्चिमेस ५ बिंदु.	३६		२०.		२९.९
W. $\frac{3}{4}$ N. उ० पश्चिमेस ७$\frac{1}{4}$ बिंदु.	१४	२१			१३.८
S. E. बाय E. $\frac{1}{4}$ E. = द० पूर्वेस ५$\frac{1}{4}$ बिंदु.	४६		२३.६	३९.५	
		२.१	७४.८ २.१	६८.७ ४३.७	४३.७
	अक्षांशांतर दक्षिण		७२.७	२५.०	रेखांशांतर पूर्व

(१) प्रथम उभ्या रेघा काढून सहा सदरें करा. पहिल्या किंवा डावे हाताचे सदरांत क्रमानें गमनमार्गकोन एकाखालीं एक असे लिहा. दुसऱ्या सदरांत त्या त्या गमनमार्गाचीं अंतरें क्रमानें लिहा. त्याचे पुढील दोन सदरांत अक्षांशांतर उत्तर किंवा दक्षिण हें दाखविण्याकरितां उ० व द० हीं दोन अक्षरें लिहा व शेवटच्या दोन सदरांत रेखांशांतर पूर्व किंवा पश्चिम हें दाखविण्याकरितां पू. व प. हीं दोन अक्षरें लिहा. (२) आतां पहिला गमनमार्ग २ बिंदु आहे म्हणून ट्राव्हर्स कोष्टकाचे दोन बिंदु किंवा २२°-३०′ चें पान काढा. त्यांत अंतराचे सदराखालीं ३० मैल हें अंतर पहा. त्याचे पुढें २७.७ अक्षांशांतर व ११.५ रेखांशांतर हे आंकडे मिळ-

तील ते याम्योत्तर (दक्षिणोत्तर) वृत्तांशीं उत्तरेकडून किंवा दक्षिणेकडून दोन बिंदु (२२°–३०″) चा कोन करून ३० मैल चाललें असतां अक्षांशांतर व रेखांशांतर किती मैल येईल तें दाखवितात. गमनमार्ग SSE आहे म्हणून अक्षांशांतराचे द० सदराखालीं २७.७ मैल लिहा व रेखांशांतराचे कोष्टकांत पू. सदराखालीं ११.५ लिहा.

दुसरा गमनमार्ग E बाय S असल्यामुळें, ट्रान्हर्स कोष्टकाचे खालून ७ बिंदूचे व वरून १ बिंदूचें अक्षांशांतर व रेखांशांतर दाखविणारें पान काढा, व त्यांत पहिल्या किंवा डावे हाताकडील अंतर या सदराखालीं १८ मैल हें अंतर पहा, त्याचे समोरील सदरांत १७.७ व ३.५ हे आंकडे सांपडतील. परंतु आपला गमनमार्ग ७ बिंदु हा त्या पानाचे खालीं असल्यामुळें ३.५ हें अक्षांशांतर व १७.७ हें रेखांशांतर होय. हीं नांवें त्या सदरांचे खालच्या बाजूस दिलेलीं असतात, तीं पहावीं; व अक्षांशांतर दक्षिण आहे म्हणून तें द० या सदराखालीं लिहावें व रेखांशांतर पूर्व आहे म्हणून तें पू० या सदराखालीं लिहावें.

तिसरा गमनमार्ग दक्षिणेकडून पश्चिमेस ५ बिंदु आहे म्हणून ट्रान्हर्स कोष्टकाचे ५ बिंदुचें पान काढा; पांच बिंदु त्या पानाचे खालीं लिहिलेले सांपडतील त्यांत ३६ अंतराचे पुढें २० व २९.९ हे आंकडे सापडतील. त्यांतील २० हें अक्षांशांतर द० या सदराखालीं लिहा व २९.९ हें रेखांशांतर प० या सदराखालीं लिहा. येथें गमनमार्ग ५ बिंदु हा पानाचे खालीं दिलेला असल्यामुळें अक्षांशांतर व रेखांशांतर हीं नांवेंही पानाच्या खालच्या बाजूस दिलेलीं असतील तीं पहावीं.

चवथा गमनमार्ग ७३ बिंदु हाही पानाचे खालीं सांपडेल ७३ बिंदूचे पानांत अंतरसदरांत १४ मैल पहा व त्याचेपुढें १३.८ व २.१ हे दोन आंकडे असतील ते २.१ अक्षांतर व १३.८ रेखांतर असें वाचावें व तें उ० व प० या सदरांत क्रमानें लिहावें.

पांचवा गमनमार्ग ५३ बिंदु हाही ट्राव्हर्स कोष्टकांतील पानाचे खालीं लिहिलेला असेल तें पान पहावें आणि ४६ अंतराचे समोर २३.६ व३९.५ हे आंकडे असतील त्यांतील २३.६ हें अक्षांतर द० सदराखालीं लिहावें व ३९.५ हें रेषांतर पू० या सदराखालीं लिहावें.

(३). अक्षांशांतर व रेखांशांतर या सदरांतील द० व उ० तसेंच पू० व प० या सदरांतील अंकांची निरनिराळी बेरीज करा व द० उ० या जोडींतील व पू० प० या जोडींतील बेरजेचा लहान आंकडा मोठ्या आंकड्यांतून वजा करा.वरील उदाहरणांत ७४.८ द० मधून २.१ उ० अक्षांश वजा करावे व बाकी ७२.७ द० अक्षांशांतर राहील. नंतर रेखांश ६८.७ पूर्व मधून पाश्चिमरेखांशांतर ४३.७ प. हें वजा करावें म्हणजे बाकी २५ मैल पूर्व रेखांशांतर राहील. म्हणजे हे पांच मार्ग क्रमून शेवटीं गलबताचे ७२.७ मैल हें दक्षिण अक्षांशांतर व २५ मैल हें पूर्व रेखांशांतर आहे.

(४) आतां फिरून ट्राव्हर्स कोष्टक पहा व त्यांत ७२.७ व २५ हे आंकडे एकापुढें एक असें अक्षांतर व रेखांतर या सदरांत पहा. थोडासा अभ्यास केला असतां हे लवकर सांपडतील. परंतु हें लक्ष्यांत ठेवावें कीं जर अक्षांशांतर अधिक असेल तर गमनमार्ग पानाच्या वरतीं लिहिलेला असेल; व जर रेखांशांतर अधिक असेल तर गमनमार्ग पानाच्या खालीं लिहिलेला सांपडेल. आतां वरील

उदाहरणांतील ७२.७ व २५ हे आंकडे किंवा त्याचे अगदीं जवळचे ७२.८ व २५·१ हे आंकडे १९ अंशांचे पानावर ७७ अंतरासमोरचे सदरांत सांपडतील; म्हणून आपण खालीं लिहिल्याप्रमाणें उत्तरें लिहावीं:–

गमनमार्ग——————द० क० १९° पूर्वेकडे.
अंतर .... ७७ मैल.
अक्षांशांतर .... ७२ मैल द०
रेखांशांतर .... २५ मैल पूर्व

हीं टाव्हर्स कोष्टकावरून काढलेलीं उत्तरें भूमितीच्या आधारें स्केलानें आकृतीवरून काढलेल्या उत्तरांशीं किती बरोबर जुळतात हें विद्यार्थ्यांनें लक्षांत ठेवावें.

(५१) कोष्टकावरून रेखांशांतर काढणें.

आतां ज्या ठिकाणीं गलबत आलें त्या ठिकाणचे अक्षांश व रेखांश काढावयाचे आहेत. ज्या ठिकाणाहून गलबत निघालें त्या ठिकाणच्या अक्षांशांस गलबताचें अक्षांशांतर मिळविलें म्हणजे, गलबत ज्या ठिकाणीं आलें, त्या ठिकाणचे अक्षांश मिळतील. परंतु रेखांश काढण्याची रीति इतकी सरळ नाहीं, कारण रेखांशांतराचे जे मैल येतात, ते फक्त विषुववृत्तावर अंश, कलांनीं सहज दाखवितां येतात; पण जसजसें विषुववृत्तापासून उत्तरेकडे अथवा दक्षिणेकडे जावें; तसतसें रेखांशाच्या एका कलेची लांबी कमी कमी होते. म्हणून जितके मैल गलबत पूर्व किंवा पश्चिम गेलें असेल त्या मैलांचे रेखांश करणें, हें तें गलबत ज्या मध्य अक्षांशांतरावर चाललें असेल त्यावर अवलंबून आहे. तें कसें हें पुढें स्पष्ट करून दाखवूं. परंतु सध्या गलबत ज्या ठिकाणीं आलें त्या ठि-

काणचे रेखांश ट्राव्हर्स कोष्टकावरून काढतां येणें जरूर असल्या-मुळें (डिपार्चरा) रेखांशांतरावरून रेखांश कसे काढावे तें सांगितलें पाहिजे. तें थाडक्यांत वरील उदारण घेऊन सांगतों.

निघाल्या ठिकाणचे अक्षांश .... ५१°–२५′–०″ उत्तर,
अक्षांशांतर ७२-७ मैल द० = १°–१२′–४२″ दक्षि०
पोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश = ५०°–१२′–१८″.

यावरून मध्य अक्षांश काढण्यास दोहोंची बेरीज घेऊन त्यास दोहोंनीं भागावें.

निघाल्या ठिकाणचे अक्षांश .... ५१°–२५′–०″
पोचल्या–ठिकाणचे अक्षांश .... ५०°–१२′–१८″
बेरीज ÷ २२) १०१°-०७′–१८″
=मध्याक्षांश०= ५०°–४८′–४९″ हे
९०°–०–०
९०° तून वजा केलें असतां ३९°–११′–२१″--हे

को-मध्यअक्षांश अथवा पूरक मध्यअक्षांश होत.

पूरक मध्यअक्षांश ह्मणजे दिलेल्या दोन अक्षांशांच्या मध्यां-शाचें जवळच्या ध्रुवापासून अंतर.

आतां ट्राव्हर्स कोष्ठकांतून हे पूरक मध्याशांक्षांचें (३९°) पान काढा; त्यांत डिपार्चरचें किंवा रेखाशांतराचे घरांत २५ मैल (किंवा त्याचे अगदीं जवळचा अंक २५·२) आहे तो पहा, व त्याच्या मागें, अंतराचे घरांत,.४० मैल हा आंकडा सांपडेल. तें खरें रेखांशांतर जाणवें. ४० मैल=०°४०′–०″

निघाल्या ठिकाणचें पश्चिम रेखांश ८°–१२′–०″ पश्चिम
खरे रेखांशांतर पूर्व ०°–४०′–०″ पूर्व

वजा करून बाकी राहिले ते }
पोंचल्या ठिकाणचे रेखांश } ७°–३२′–०″ पश्चिम रेखांश.

उदाहरण.

—:o:—

एक गलबत दक्षिण अक्षांश २०°–४४′–०″ व पूर्व रेखांश ४०°–२७′–०″ या ठिकाणाहून खालीं लिहिलेल्या दिशेनें दिलेलीं अंतरें चालून गेलें, तर तें शेवटीं कोणत्या ठिकाणीं पोहोंचलें तें सांगा; व जर चलन ०°–३१′–०″ पूर्व, आणि विचलन–८° ५६′–०″ पश्चिम, असेल तर त्याचाखालीं दिलेल्या मिश्र मार्गावरून एक सरळ गमनमार्ग व अंतर काढा,

(१) SSW या दिशेनें अंतर ११२ मैल; (२) S.by (बाय)E या दिशेनें अंतर ८६ मैल; (३) S बाय W या दिशेनें ८६ मैल; (४) SSE दिशेनें ११२ मैल; (५) दक्षिण दिशेनें ५० मैल; (६) SE बाय S या दिशेनें ९० मैल.

ट्राव्हर्स कोष्टक.

गमनमार्ग अ० दिशा.	अंतर मैल	अक्षांशांतर		डिपारचर रेखांशांतर	
		उत्तर	दक्षिण	पूर्व	पश्चिम
बिंदु					
S. S. W. द. क. पश्चि. २	११२	”	१०३·६	”	४२·९
S. by E. द. क. पूर्वेस १	८६	”	८४·३	१६·८	
S by W. द. क. पश्चि. १	८६	”	८४·३	”	१६·८
S. S. E. द. क. पूर्वेस २	११२	”	१०३·५	४२.९	
S. दक्षिण	५०	”	५०.	”	”
S. E. by S. S. पूर्वेस ३	९०	”	७४·८	५०·०	”
	अक्षांशांतर दक्षिण·		५००·४	१०९·७	५९·७
				५९·७	रेखां० प.
	....			५०·०	पूर्व

खरा गमनमार्ग द० क० पूर्वेस ६°; अंतर ५०२ मैल.

विद्यार्थ्यांनीं प्रत्येक उदाहरणाकरितां एक आकृति काढावी. त्यास हत्याराची जरूर नाहीं; कारण वर्तुळें कांहीं नाणें कागदावर दाबून धरून त्यांभोंवतीं रेघ काढून काढावीं, व अंतराच्या सरळ रेघा नजरेनें लांबीच्या प्रमाणांत काढाव्या म्हणजे झालें.

टीप—या उदाहरणांतील प्रत्येक गमनमार्गाचें अंतरावरून त्याचें अक्षांशांतर व रेखांशांतर हीं ट्राव्हर्स कोष्टकांतून काढिलीं आहेत. तीं मागील उदाहर-

णांत सांगितल्याप्रमाणेंच काढिलीं आहेत. परंतु एक सरळ गमनमार्ग व अंतर काढतांना, अशी शंका येते कीं, कोष्टकांत अंतरें फक्त ३०० पर्यंतच दिलीं आहेत व त्यांचेंच अक्षांशांतर व रेखांशांतर दिलेलें आहे, म्हणजे तेंही तीनशें मैलांहून कमीच असावयाचें; व आपलें या उदाहरणांतील उत्तरांत अक्षांशांतर ५००·४ मैल आलें आहे व रेखांशांतर=डिपार्चर ५० मैल आलें आहे, त्यावरून या कोष्टकांतून गमनमार्ग कसा काढावा? परन्तु या अक्षांतर व रेखांतरांचें अर्ध केलें असतां, कोनांत फेर न पडतां, आपणांस या कोष्टकावरून अंतराचें अर्ध मिळेल. म्हणून ५००·४ अक्षांशांतराचें अर्ध २५०·२ व ५० रेखांशांतराचें अर्ध २५ हे आंकडे कोष्टकांतील कोणच्या पानांत समोरासमोर आहेत ते पहावे. त्या आंकड्याच्या अगदीं जवळचे आंकडे २४९·३ व २६·२ हे कोष्टकांत ६° चे पानावर सांपडतात म्हणून गमनमार्ग दक्षिणेकडून पूर्वेस ६° अंश हा आला व कोष्टकांत २४९·६ व २६·२ या आंकड्यासमोर अंतर २५१ मैल दिलें आहे त्याची दुप्पट ५०२ हें अंतर होय.

आतां ज्या ठिकाणीं गलबत आलें त्या ठिकाणचे अक्षांश व रेखांश काढूं:—

निघाल्या ठिकाणचे अक्षांश	२०°—४४′—०″ दक्षिण.
अक्षांशांतर ५००·४ मैल	= ८°—२०′—२४″ दक्षिण.
पोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश	२९°—४′—२४″

मध्य अक्षांश काढण्यास,

निघाल्या ठिकाणचे अक्षांश	२०°—४४′— ०″ द०
पोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश	२९°— ४′—२४″ द०
यांच्या बेरजेस दोहोंनीं भागून आले ते	४९°— ४८′—२४″

मध्याक्षांश .... २४°–५४′–१२″
ते ९०° तून वजा केले असतां ९०°–०–०

— ६५°–५′–४८″

येईल तें पूरक मध्याक्षांश अथवा
जवळच्या ध्रुवापासून मध्यांक्षांशाचें अंतर होय.

ह्या पूरक मध्यांक्षांश ६५° चें पान ट्राव्हर्स कोष्टकांतून काढावें; ६५° अंश हे त्या पानाचे खालीं लिहिलेले सांपडतील नंतर खालील रेखांशांतराचे (डिपारचरचे) सदरांत ५० हा आंकडा पहावा; त्याचे अगदीं जवळचा आंकडा ४९.८ हा सांपडतो त्याचे मागें अंतर या सदराखालीं ५५मैल हा अंक आहे, तें खरें रेखांशांतर होय. तें निघाल्या ठिकाणच्या रेखांशात मिळवावे. कारण दोन्ही पूर्वेस आहेत.

निघाल्या ठिकाणचे रेखांश........४०°–२७′–०″ पूर्व.
खरें रेखांशांतर ५५ मैल—= ० –५५′–०–पूर्व.
∴ पोंचल्या ठिकाणचे रेखांश.= ४१°–२२′–०″ पूर्व.

आतां होकायंत्रावरील गमनमार्ग काढण्यास,

खरा गमनमार्ग....................६°–०′–०″ द० पूर्वेस.
चलन.................................०–५६′–० पूर्वेस.

६°–५६′–०″

विचलन पश्चिमेस वजा ८°–४९′–० पश्चिमेस.

होक्यावरील गमनमार्ग १°–५३′–०″ द० पश्चिमेस

हीं उत्तरें ट्राव्हर्स कोष्टकांवरून आलीं.

आतां सरल-एक-रेषा नौकागमनाच्या रीतीनें गमनमार्ग व अंतर कसें काढावें तें सांग.

गमनमार्ग स्पर्शरेषा (Tan course) $= \frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{अक्षांशांतर}}$

$= \frac{५०}{५००\cdot४}$

५० चा घातांक.....................	=	१.६९८९७०
५००·४ चा घातांक	=	२·६९९३१७
.·. स्पर्श रेषा ५°–४२′	=	८·९९९६५३

(कोष्टकावरून)

.·. गमनमार्ग ५°–४२′–० द० कडून पूर्वेस आहे.

अंतर काढण्यास—–

गमनमार्ग को-भुजज्या$= \frac{\text{अक्षांशांतर}}{\text{अंतर}}$

.·. अंतर=अक्षांशांतर×गमनमार्ग छेदन-रेषा

घातांक ५००·४=२·६९९३१७
(अक्षांशांतर)

घातांक छेदन रेषा (५°–४२)=१०·००२१५३

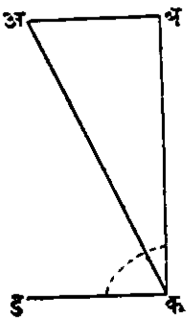
अंतर ५०२·८ = २·७०१४७०

यावरून दिसून येईल कीं या दोन रीतींनीं काढलेल्या उत्तरांत किती थोडा फरक आहे; कोष्टकें नीट रीतीनें पाहिलीं असतां असाच अगदीं थोडा फरक पडेल.

(१) टीपः—डिपारचर म्हणजे ज्यास येथें रेखांशांतर म्हटलें आहे तें. खरें रेखांशांतर नव्हे त्यास मध्यान्ह वृत्तांतर म्हटलें तरी चालेल; व तें विपुव वृत्त किंवा भूमध्य रेषेवर मात्र खऱ्या रेखांशांतराबरोबर असतें. बहुतेक समानार्थी निरनिराळे शब्द लक्ष्यांत ठेवण्यास कठीण पडतें म्हणून डिपारचर यास रेखांशांतर म्हटलें आहे; तरी तें फक्त मध्यान्हांतर म्हणजे दोन मध्यान्ह वृत्तांमधील मध्याक्षांश वृत्तावर मोजलेलें अंतर समजावें; व फक्त भूमध्यरेषेवर मोजलेल्या मध्यान्हांतरास खरें रेखांशांतर म्हणावें.

(२) टीपः—विषुव वृत्तापासून जसजसें ध्रुवाकडे जावें तसतसें मध्यान्हांतर हें खऱ्या रेखांशांतरापेक्षां मैलांनीं मापल्यास कमी कमी भरतें तें कोणत्या प्रमाणानें कमी असतें तें येथें थोडक्यांत सांगूं:—

ज्या ठिकाणच्या मध्यान्हांतरावरून आपणास खरें रेखांशांतर काढावयाचें आहे त्या ठिकाणचे अक्षांश डकअ कोनानें दाखवा. डकब हा काटकोन करा म्हणजे अकब हा पूरक अक्षांश कोन होईल. कब वर अब हा लंब मध्यान्हांतराएवढा करून घ्या म्हणजे अकब हा एक काटकोन त्रिकोन होईल. आतां जर अब हें त्या ठिकाणचें मध्यान्हांतर दाखवितें तर अक हा कर्ण त्या ठिकाणचें खरें रेखांशांतर दाखवील (हें पुढें सिद्ध केलें आहे) आतां या त्रिकोनांत खरें रेखांशांतर अक हें कायम ठेविलें व पूरक अक्षांश कोन अकब हा कमी कमी केला म्हणजे अक्षांश वाढविले तर जसजसे अक्षांश



आ० २७.

वाढतील तसतसे अब हें मध्यान्हांतर कमी कमी होईल व जसजसा अक्षांश कोन कमी कमी होईल म्हणजे पूरक अक्षांश वाढतील तसतसें मध्यान्हांतर वाढेल व विपुव वृत्तावर तें खऱ्या रेखांशाबरोबर होईल. म्हणून मध्यान्हांतर हें फक्त विषुव वृत्तावर खरे रेखाशांतराबरोबर असतें व जसजसे अक्षांश वाढतील तसतसें तें कमी कमी होतें व तें पूरक अक्षांश कोनाच्या समोरील बाजूस जसा कर्ण या प्रमाणांत असतें म्हणजे पूरक अक्षांशकोनाच्या (साईन) भुजज्येप्रमाणें असतें:—

आतां ट्राव्हर्स कोष्टकावरून खरें रेखांशांतर काढतांना आपण पूरक कोनाचे पानावरील (डिपारचर) मध्यान्हांतरा (किंवा रेखांतरा) चे मागील व अंतर सदराखालील अंक कां घेतो हें समजेल.

उदाहरण.

एक गलबत उत्तर अक्षांश २४°–३२′–० व पूर्व रेखांश १७९°–४२′–० येथून निघून, खालीं दिलेल्या (दिशांनीं) मार्गांनीं दिलेलीं अंतरें चालून जातें. तर तें शेवटीं ज्या ठिकाणीं येईल त्या ठिकाणाचे अक्षांश व रेखांश सांगा; व तें त्या ठिकाणीं एकाच सरळ मार्गानें आलें असतें तर त्या मार्गाचा उत्तर–दक्षिण वृत्ताशीं (याम्योत्तर वृत्ताशीं) किती अंशांचा कोन झाला असता व त्यास किती अंतर चालावें लागलें असतें तें सांगा.

गमनमार्ग		अंतर
S. W. by W	... ...	४५ मैल
E. S. E.	... ...	५० मैल
S W. ...	... ...	३० मैल
S. E. by E....	... ...	६० मैल

प्रथमतः स्केलानें आकृति काढून त्यावरून स्केलानेंच उत्तरें काढूं:–(१) दिशाचक्र दाखविण्याकरितां एक वर्तुळ काढा. (आकृति ३० पहा) त्या वर्तुळाच्या (अ) मध्यांतून S. W. by W. ही दिशा दाखविणारी एक रेषा, अव, काढा व ती स्केलानें ४५ मैल लांब करून घ्या.

(२) व बिंदूपासून उत्तर–दक्षिण रेषेशीं दक्षिणेकडून पूर्वेकडे ६ दिग्बिंदु किंवा ६ खंड इतका कोन करणारी म्हणजे E. S. E. दिशा दाखवणारी एक वक रेघ काढा व ती पहिल्याच स्केलानें ५० मैल लांब करून घ्या.

(३) क टोंकापासून उत्तर–दाक्षिण रेघेशीं दक्षिणेकडून पश्चि-मेकडे चार बिंदूं (खंडां) चा म्हणजे ४५° चा कोन करणारी एक कड रेषा काढा व ती वरील स्केलानें तीस मैल लांब करून घ्या.

(४) ड बिंदूपासून उत्तर–दक्षिण दिशेशीं दाक्षिणेकडून पूर्वे-कडे ५ बिंदूंचा (५ खंडांचा) कोन करणारी डई रेषा काढा व ती वरील स्केलानें ६० मैल करून घ्या.

(५) आतां हें गलबत वरील अ ब क ड ई हा मार्ग क्रमून ई ह्या ठिकाणीं आलें त्या ठिकाणचे अक्षांश, रेखांश आपणास काढावयाचे आहेत. अ ई रेघ काढा; व अ फ या माध्यान्ह वृत्तावर फ ई लंब करा, म्ह० अ ई हें अंतर फ ई हें रेखांतर किंवा डिपा-र्चर, अ फ हें अक्षांतर व, फ अ ई हा गमन मार्ग होईल.

(६) पूर्वींच्याच स्केलानें अई मापा ती १०५·५ मैल भरेल व ईफ, जी उत्तर–दक्षिण रेघेवर लंब काढिली आहे ती ३७·५ मैल भरेल व अफ ९९ मैल होईल व गमनमार्ग म्हणजे फअई कोन हा २१° चा होईल.

∴ उत्तरः—
- गमनमार्ग द० २१° पूर्वेस.
- अक्षांशांतर ९९ मैल.
- रेखांशांतर (डिपारचर) ३७·५ मैल.
- अंतर १०५·५ मैल.

हेंच उदाहरण आतां ट्राव्हर्स कोष्टकावरून करून दाखवूं म्हणजे दोन्हीं रीतींनीं तींच उत्तरें कशीं येतात तें समजेल.

ट्रान्हर्स कोष्टकः—

गमनमार्ग.		अंतर मैल	अक्षांशांतर मैल		रेखांशांतर मैल (डिपारचर)	
			उ०	द०	पू०	प०
	पाइंटस					
SW. by W.	५ खंड	४५		२५		३७·४
E. S. E.	६ खंड	५०		१९·१	४६·२	
S. W.	४ खंड	३०		२१·२		२१·२
SE by E.	५ खंड	६०		३३·३	४९·९	
				९८·६	९६·१ ५८·६	५८·६
			द०अ०	९८·६	३७·५	पूर्वरेखी.

या अक्षांशांतररेखांशांतरांवरून ट्रान्हर्स कोष्टकामधून गमनमार्ग २१° दक्षिणेकडून पूर्वेस निघतो व अंतर १०५·५ मैलें येतें.

अक्षांश.

निघाल्या ठिकाणचे उ० अक्षांश= २४°–३२–०उत्तर.
अक्षांशांतर ९८·६ मैल= १°–३८′–३६″ दक्षिण.
∴ पोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश= २२°–५३′–२४″ उत्तर.

मध्याक्षांश.

निघाल्या ठिकाणचे अक्षांश=२४—३२—० उ०

पोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश=२२—५३—२४ उ०

बेरजेचे अर्ध० $=\frac{४७^\circ-२५'-२४''}{२}=२३^\circ-४२'-४२''$

∴ मध्याक्षांश २३—४२′—४२″ }
९०— ०— ० }

कोमध्याक्षांश किंवा पूरक अक्षांश } ६६°—१७′—१८″

आतां रेखांश काढण्याकरितां ट्राव्हर्स कोष्टकांतून या पूरक मध्याक्षांश ६६° चें पान काढून त्यांत ३७५ हा अंक रेखांशांतराचे सदराखालीं पहा, त्याचे मागें अंतर सदराखालीं ४१ मैल हा आंकडा मिळतो तें खरें रेखांशांतर होय म्हणून—

निघाल्या ठिकाणचे रेखांश........१७९°—४२′—० पूर्व.
खरें रेखांशांतर ४१ मैल .... ० —४१′—० पूर्व.
∴पोंचल्या ठिकाणचे रेखांश ....१८०°—२३′—० पूर्व.
हे १८०°हून अधिक आहेत ३६०°— ० —० यांतून वजा
म्हणून ते३६०°तून वजा करावे १७९°—३७′—०″ पश्चिम.
व येतील ते पश्चिम रेखांश होत.

येथें पूर्व रेखांशांचे पश्चिम रेखांश कसे होतात तें थोडक्यांत सांगूं:—ग्रोनिचचें **प्रथम रेखांश वृत्त**, जें दोन्ही ध्रुवांमधून पृथ्वीचे खालून जातें, त्यावर १८०° मांडिलेलें असतात, व तीं रेखांशांतराची सीमा होय. आतां जर गलबत हें वृत्त ओलांडून पूर्वेकडून

पलीकडे जाईल, तर तें गलबत पश्चिमेकडून ग्रीनिचच्याजवळ आलें असें होईल; व आपण रेखांश सांगतांना १८०° हून कमी कोन असेल तोच सांगतों; म्हणून १८०° हून पूर्व रेखांश कांहीं अधिक असले तर तितकेच ते पश्चिमेकडून १८०हून कमी असतील म्हणून १८०° हून अधिक रेखांशांतर येईल तर तें ३६०° यांतून वजा करावें व त्याचें नांव बदलावें; म्हणजे पूर्व रेखांश असले तर पश्चिम करावे व पश्चिम असले तर पूर्व करावे म्हणजे त्या ठिकाणचे खरे रेखांश येतील.

आणखीं उदाहरणें घेऊन एकदोन मुद्यांचें स्पष्टीकरण करणें जरूर आहे.

(१) असें समजा कीं एक गमनमार्ग तीन खंड किंवा दिशा-बिंदु आहे व अंतर ५४६ मैल आहे तर यावरून ट्राव्हर्स कोष्टका-मधून अक्षांशांतर व रेखांशांतर काढा.

आतां ट्राव्हर्स कोष्टकांत ३०० पर्यंत अंतर दिलेलें असतें. तर आपण ५४६ अंतर याचे दोन भाग करावे किंवा त्याचा त्रितियांश, चतुर्थांश असा भाग घ्यावा. व त्यावरून अक्षांशांतर व रेखांशांतर काढून त्यास जितकावा भाग घेतला असेल त्याप्रमाणें ३, ४, वगैरेंनीं गुणावें, किंवा प्रथमतः ३०० मैलांचें अक्षांशांतर व रेखांशांतर काढावें व नंतर २४६ चें अक्षांशांतर रेखांशांतर काढावें व दोहोंची अक्षां-तर रेखांशांतराची निरनिराळी बेरीज घ्यावी जसें:—

गमनमार्ग तीन खंड किंवा ३ बिंदु=३३°—४५′—०″

अंतर ५४६=३×१८२=किंवा ५४६=३००+२४६

अंतर	अक्षाशांतर	रेखांशांतर	अंतर, अक्षांशांतर, रेखांशांतर.
१८२=	१५१·३;	१०१·१	३००=२४९·४, १६६·६
×३	×३	×३	+२४६=२०४·५, १३६·७
गुणाकार५४६=	४५३·९;	३०३·३	बेरीज५४६, ४५३·९, ३०३·३

(२) उत्तरेकडून ३७° अंश पश्चिमेकडे या दिशेनें एक गलबत ४८५·७ मैल गेलें तर त्याचें ट्राव्हर्स कोष्टकावरून अक्षांशांतर व रेखांशांतर काढा.

आतां गमनमार्ग ३७°चे पान कोष्टकांतून काढा. त्यांत ४८५·७ हें अंतर नाहीं व ४८५७ हेंही नाहीं; म्हणून ४८५·७ चे ३००+ १८५+·७ असे भाग पाडा. व तीं अंतरें कोष्टकांत त्याच ३७°चे पानावर पहा म्हणजे,—

अंतर	अक्षांशांतर	रेखांशांतर (डिपारचर)
३००	२३९·६	१८०·५
१८५	१४७·७	१११·३
·७	·६	·४
बेरीज ४८५·७	३८७·९	२९२·२

या प्रत्येक भागाचीं निरनिराळीं अक्षांशांतरें व रेखांशांतरें आलीं; त्यांची बेरीज घ्या; ती बेरीज त्या अंतरांचें, अक्षांशांतर व रेखांशांतर होईल. ·७ चें अक्षांतर रेखांतर हे सात (७) पूर्णांकांतरावरून काढावे व त्याचें एक स्थळ उजवीकडे सोडून दशांश चिन्ह करावें.

(३) एक गलबत उत्तरेकडून पूर्वेकडे ३१°चा कोन करून जातें व त्याचें अक्षांशांतर २१६·५ मैल इतकें होतें; तर त्या गलबताचें रेखांशांतर किती व अंतर किती हें ट्राव्हर्स कोष्टकावरून काढा.

ट्राव्हर्स कोष्टकाचे ३१°चें पान काढा व त्यांत अक्षांशांतर या सदराखालीं २१६ हा आंकडा पहा; त्याचे मागें २५२ हें अंतर

निघेल आतां ·५ पांच दशांश राहिले म्हणून त्याच पानावर अक्षांशांतराचे सदराखालीं ५ पूर्णांक हा अंक पहा, त्याचें अंतर ६ येतें व (डिपारचर) रेखांशांतर ३.१ येतें. त्यांत दशांश चिन्ह एक एक स्थळ डावीकडे सारा म्हणजे .६, .५, .३१ हे आंकडे येतात. आतां हे आंकडे ज्या त्या सदराखालीं बरोबर लिहून त्यांची बेरीज घ्या म्हणजे अंतर व डिपारचर येईल.

अंतर को०वरून	अक्षांशांतर (दिलेलें)	डिपारचर को०वरून
२५२	२१६.०	१२९.८
.६	.५	.३
२५२.६,	२१६.५,	१३०.१.

आतां अक्षांश, रेखांश दिलेले असून त्यांवरून अक्षांशांतर, रेखांशांतर कसें काढावें व तीं दोन्हीं ३०० पेक्षां अधिक असलीं तर ट्राव्हर्स कोष्टकांतून त्यांजवरून गमनमार्ग व अंतर कसें काढावें तें सांगूं:—

उदाहरण.

(४) एक गलबत उत्तरअक्षांश ४९°–३५′ व पश्चिम रेखांश २४°–३०′ या ठिकाणावरून, उत्तर अक्षांश ४३°–३७′–० व पश्चिम रेखांश २०°–१७ या स्थळीं आलें; तर ट्राव्हर्स कोष्टकावरून त्याचा गमनमार्ग व अंतर काढा.

निघाल्या ठिकाणचे अक्षांश ४९°–३५′–उत्तर.
पोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश ४३°–३७′–उत्तर.
अक्षांशांतर ५°–५८′–उत्तर.
×६०+५८

∴अक्षांशांतर=३५८ मैल दक्षिण.

निघाल्या ठिकाणचे रेखांश २४°–५०–० पश्चिम.
पोंचल्या ठिकाणचे रेखांश २०°–१७— पश्चिम.
रेखांशांतर ४°–३३′–०
×६०+३३

रेखांशांतर मैल=२४०+३३=२७३
किंवा रेखांश गमनमैल २७३ पूर्वेस.

मध्याक्षांश व को–मध्याक्षांश किंवा पूरक मध्याक्षांशः—

नि. ठि. अक्षांश ४९°–३५′–०′ उत्तर.
पों. ठि. अक्षांश ४३°–३७′–०′ उत्तर.
बेरजेचे अर्ध २) ९३°–१२′–०
मध्याक्षांश=४६°–३६′–०
९०––०––०
को–मध्याक्षांश ४३°–२४′–०

आतां ४३°पूरक अक्षांशावरील (मध्यान्हांतर किंवा)रेखांशांतर काढण्यास, ह्या को–मध्याक्षांशाचें (म्हणजे ४३° चे पान ट्राव्हर्स कोष्टकांतून काढा व त्यांत, अंतर या सदराखालीं २७३ हे रेखांश पहा, त्याचेसमोर रेखांतर (डिपारचर) सदराखालीं, १८६·२ हा अंक सांपडेल. तो मध्यान्हांतराचा अंक समजावा. आतां ३५८

अक्षांशांतर व १८६·२ रेखांशांतर हे आंकडे समोरासमोर ट्राव्हर्स कोष्टकाचे कोणच्या पानावर येतात ते पहा; परंतु हे आंकडे ३०० हून अधिक आहेत व ट्राव्हर्स कोष्टक ३०० पर्यंतच आहे, म्हणून आपण त्या आंकड्याचे अर्ध घेऊं, म्हणजे त्यांत सारखेंच प्रमाण राहील:—

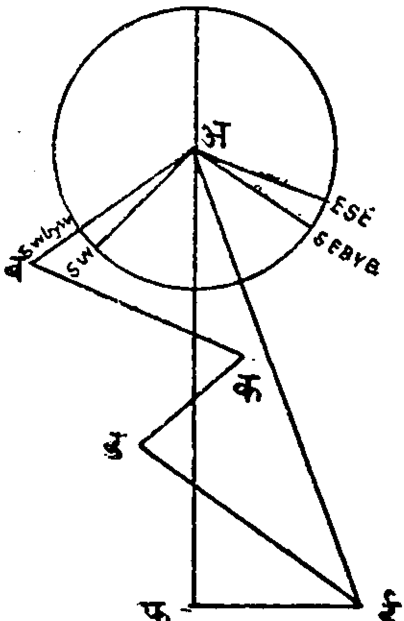
अर्ध १७९ अक्षांशांतर ९३·१ रेक्षांशांतर

हे आंकडे समोरासमोर ट्राव्हर्स कोष्टकाचे २७° या पानावर सांपडतात, व त्यांचे मार्गें अंतर २०१ मैल सांपडतें; म्हणून गमनमार्ग २७° पूर्व व अंतर ४०२ मैल हें उत्तर.

येथें बेरजेनें भाग पाडतां येत नाहींत; कारण अक्षांतरच्या व रेखांशांतरच्या अंकांत प्रमाण सारखेंच राहिलें पाहिजे, नाहीं तर निराळाच गमनमार्ग निघेल.

मिश्रगमनमार्गावरून सरलैकरेषा गमनमार्ग काढितांना विद्यार्थ्यानें आपलें गणित हमेशा तपासून पहावें. प्रथमतः गमनमार्ग बरोबर काढले आहेत किंवा नाहीं तें पहावें; नंतर त्या प्रत्येक गमन मार्गापुढें अक्षांशांतरें उत्तर किंवा दक्षिण या सदरांत बरोबर लिहिलीं आहेत किंवा नाहीं तें पहावें, तसेंच रेखांशांतरें पूर्व व पश्चिम या सदराखालीं बरोबर लिहिलीं आहेत किंवा नाहीं तेंही पहावें, म्हणजे पूर्व रेखांशांतरें पूर्व सदराखालीं व पश्चिम रेखांशांततरें पश्चिम या सदराखालीं बरोबर लिहिलीं आहेत किंवा नाहीं तें पहावें. गमनमार्ग ४५° अंशाहून मोठा असेल तर (डिपारचर) रेखांशांतर हें

आकृति ३०वी



स्केल एक इंचांन ४५ मैल

अक्षांशांतरापेक्षां अधिक असतें व गमनमार्ग ४५° पेक्षां कमी असेल तर (डिपारचर) रेखांशांतर अक्षांशांतरापेक्षां कमी असतें हें लक्ष्यांत ठेवावें. या सर्व खुब्या लक्ष्यांत ठेवून विद्यार्थ्यानें आपलीं उदाहरणें वारंवार तपासून पहावीं म्हणजे मोठीशी चूक होणार नाहीं. कारण नौकानयनांत गणित करण्याच्या कृतींत थोडी चूक झाली तरी तिचा परिणाम फार भयंकर होण्याचा संभव असतो.

भाग आठवा.

गलबतावरील रोजनिशी.

आपलें गलबत कोठें आहे हें नक्की करण्याकरितां जीं जीं मापें गलबतावर घेतात, त्यांची बरोबर नोंद एका वहीवर करितात त्यास गलबतावरील **रोजनिशी** किंवा **रोजनामा** असें म्हणतात. प्रथमतः हीं सर्व मापें एका स्लेटीवर लिहितात. ती स्लेट नीट आंखून तिजवर आठ सदरें अथवा घरें करितात. पहिले घरांत तास लिहितात; दुसऱ्या घरांत कंपासानें दाखविलेले गमनमार्ग लिहितात. तिसऱ्या घरांत गलबत एका तासांत किती गांठी किंवा मैल चालतें. तें लिहितात व चवथ्या घरांत मैलाचे दशांश असतील तर ते लिहितात म्हणजे तिसऱ्या व चवथ्या घरांत मिळून गलबताचा वेग किती मैल व मैलाचे किती दशांश आहे तें लिहितात; पांचव्या घरांत वारा कोणत्या दिशेनें वाहतो तें लिहितात. सहाव्यांत निवाऱ्याकडे जाण्याचा कोन मापला असेल तर तो लिहितात. गलबत ज्या दिशेनें चालत असेल त्या दिशेकडे त्याचें नाळ असतां त्या गलबतावरील होक्याचें विचलन किती तें सातव्या सदरांत लिहितात. आठवें सदर मोठें ठेऊन त्यांत तारीख व विशेष शेरे नोंदितात. ही नोंद व्यापारी गलबतावर दोन दोन तासांनीं

करितात, परंतु अडचणीच्या जागीं वरचेवर गलबताची दिशा व वेग बदलेल तर ही नोंद वरचेवर करितात. स्लेटीवर जे गमन-मार्ग लिहितात, ते होक्यानें दाखविलेले गमनमार्ग असतात, त्यावरून खरे गमनमार्ग काढतांना होक्याचें चलन, विचलन, व गलबताचा निवाऱ्याकडे जाण्याचा कोन हीं प्रत्येक वेळीं विचारांत घेतलीं पाहिजेत. स्लेटीवरील नोंद प्रत्येक दिवशीं दोन प्रहरीं एका वहीवर लिहितात. ती स्लेटीप्रमाणेंच आंखलेली असते व तिला गलबता-वरील **रोजनिशी** किंवा **रोजनामा** असें म्हणतात. (त्यास इंग्रजींत लागबुक असें म्हणतात.) स्लेटीवरील सर्व नोंद रोजनिशीवर उतरून घेतल्यावर त्यावरून खरे गमनमार्ग काढावे, व प्रत्येक गमनमार्गानें, वेग बदलला असल्यास त्या निरनिराळ्या वेगांनीं गलबत किती मैल एकंदर एकाच दिशेनें (मार्गानें) चाललें तें अंतर काढावें, व तें प्रत्येक गमनमार्गापुढें लिहून एक ट्राव्हर्स कोष्टक तयार करावें, म्हणजे त्यांत सर्व खरे गमनमार्ग व त्या प्रत्येक गमनमार्गानें व निरनिराळ्या वेगांनीं क्रमिलेलीं एकंदर अंतरें येतात. याप्रमाणें ट्राव्हर्स तयार करून ट्राव्हर्स कोष्टकावरून त्या मिश्र-मार्गांचा एक सरळ मार्ग-कोन व अंतर काढिलें म्हणजे, एकंदर अंतर, अक्षांशांतर, रेखांशांतर, एक गमनमार्ग आणि गलबत ज्या ठिकाणीं पोंहोंचलें, त्या ठिकाणचे अक्षांश-रेखांश हीं (डेडरेकनिंगनें) गलबतावरील पृथ्वीच्या मापानें (अथवा पार्थिव मापानें) आलीं असें समजावें. हें जें गलबताचें नवीन ठिकाण पार्थिव मापानें काढिलें, तेंच शक्य असल्यास, ज्योतिर्वेधानेंही काढण्याचा (परिपाठ) रिवाज आहे. पार्थिव मापानें काढिलेलें गलबताचें ठिकाण, व ज्योति-र्वेधानें काढिलेलें ठिकाण, जवळ जवळ एकच आलीं तर गलबत

पाण्याच्या प्रवाहांत सांपडलें नाहीं हें उघड होतें. परंतु हीं ठिकाणें जर एकमेकांपासून फार दूर आलीं तर ज्योतिर्वेधानें काढिलेलें गलबताचें ठिकाण खरें समजावें. कारण पार्थिव मापें कित्येक वेळां खोटीं ठरतात. उदाहरणार्थ आपलें गलबत प्रवाहांत सांपडलें असतां त्याचें नाळ कोणीकडेही असलें तरी तें प्रवाहाच्या दिशेनें वाहत जाईल व त्याचा वेगही प्रवाहाच्या वेगाबरोबर असेल म्हणजे या वेळेस होक्यानें दाखविलेली दिशा चुकते. त्या दिशेनें गलबत खरोखर जात नाहीं. म्हणून एक प्रवाहमार्ग धरावा लागतो, तो पुढें सांगूं.

वर सांगितल्याप्रमाणें गलबतावरील रोजनिशी (अथवा लागबुक) ही एक वही अथवा पुस्तक असतें. त्यांत नियमितपणें गलबतावर रोज घेतलेलीं मापें व त्यावरून दररोज काढिलेलें गलबताचें ठिकाण, हीं नोंदलेलीं असतात. त्याशिवाय गलबताच्या सफरीमध्यें जें जें लक्ष्यांत ठेवण्यासारखें घडून येईल, तें सर्व—म्हणजे हवेंतील फेरफार पाऊस, वादळ, तुफान वगैरे, तसेंच समुद्रावर दिसून आलेलें पदार्थ पक्षी, व समुद्रांत दिसणारे मासे, सर्प, व उथळ समुद्राच्या तळाशीं असलेलें खडक, चिखल व रेती वगैरे ह्या सर्वांची नोंद असते. सारांश, गलबताचा सुरक्षितपणा व त्याचें मार्गक्रमण या संबंधानें जें जें नोंदण्यासारखें असेल तें सर्व गलबताच्या रोजनिशींत नोंदितात.

रोजनिशीमध्यें जीं मापें वगैरे नोंदावीं लागतात, तीं कशीं घ्यावीं व त्यांवरून गलबताचें नवें ठिकाण दररोज कसें काढावें, हें सर्व एथपर्यंत सांगितलें आहे. आतां प्रस्थान-गमनमार्ग व प्रवाह-गमनमार्ग म्हणजे काय तें सांगूं.

प्रस्थान-गमनमार्गः—जेव्हां गलबत जमीन सोडून दूर जाऊं लागतें, तेव्हां गलबतावरील नाखवा अथवा मालम, ज्या ठिकाणाहून

गलबत निघालें तें ठिकाण नकाशावर पहातो. व त्याचे अक्षांश रेखांश नकाशावर असतील ते लिहून ठेवितो. नंतर त्या ठिकाणचें अथवा त्याचे अगदीं जवळ भूशिर वगैरे जो जमिनीचा भाग दिसत असेल त्याचें तो कंपासानें अथवा होक्यानें उत्तरांतर पाहतो, व तें लिहून ठेवितो. तसेंच उत्तरांतर पाहते वेळीं त्या ठिकाणाहून गलबत किती दूर आलें असेल तें पाहून तेंही तो लिहून ठेवितो. (त्याच वेळीं होक्याचें चलन लिहून ठेवावें व गलबताचें नाळ कोणीकडे आहे, तें पहावें म्हणजे होक्याचें विचलन काढण्यास ठीक पडतें.) याप्रमाणें निघण्याच्या ठिकाणाची रोजनिशींत जी नोंद करितात, त्यास (प्रथम गमनमार्ग अथवा) **प्रस्थान गमनमार्ग** असें म्हणावें. आतां पहिल्या दिवसाच्या नोंदीवरून ट्राव्हर्स तयार करितात तेव्हां निघण्याच्या ठिकाणाचें जें उत्तरांतर घेतलेलें असतें, व ज्यास प्रस्थान गमनमार्ग म्हणतात, तें १८०° हून कमी असेल तर त्यांत १८० मिळवावे व अधिक असेल तर त्यांत १८० वजा करावे व येईल तो खरा प्रस्थान-गमनमार्ग म्हणून ट्राव्हर्समध्यें लिहावा. व त्यापुढें त्या वेळचें गलबताचें अंतर नोंदिलेलें असेल तें लिहावें. **प्रस्थान-गमनमार्ग** हा निघण्याच्या ठिकाणावरून पाहिलेला गलबताचा गमनमार्ग कोन नसतो, परंतु गलबत बरेंच लांब समुद्रावर गेल्यावर समुद्रावरील गलबताच्या ठिकाणावरून निघण्याच्या ठिकाणाचा पाहिलेला उत्तरांतर कोन असतो. जमिनीवरील ठिकाणाचे नकाशावरून आपणांस अक्षांशरेखांश माहीत असतात; व त्यांवरून समुद्रावरील ठिकाण आपणांस काढावयाचें असतें. म्हणून प्रस्थान-गमनमार्ग १८० मिळवून किंवा वजा करून तो उलट दिशेनें घ्यावा लागतो. म्हणजे जमिनीवरील ठिकाणावरून समुद्रावरील गलबताचें

प्रथम ठिकाण कोणच्या दिशेस आहे तें निघतें; व त्याचें अंतर ही नोंदलेलें असतें, त्यावरून समुद्रावरील गलबताचें प्रथम ठिकाण नक्की करतां येतें.

प्रवाह-गमनमार्ग—जर गलबत पाण्याच्या प्रवाहाबरोबर जात आहे, असें आढळलें तर त्या प्रवाहाची दिशा व वेग अंदाजानें काढितात व तीं ट्रॅव्हर्स कोष्टकांत **प्रवाहमार्ग** व अंतर म्हणून लिहितात, म्हणजे गलबताचें बहुतेक बरोबर ठिकाण मिळतें.

समुद्रामध्यें दिवसाचे दोन प्रहरीं, सूर्य बरोबर मध्यान्हवृत्तावर आला म्हणजे एक दिवस पूर्ण झाला. असें मानणें सोईचें आहे. कारण त्या वेळीं सूर्य मध्यान्हवृत्तावर असल्यामुळें ज्योतिष वेधानें गलबताचें ठिकाण सहज तपासतां येतें व त्या वेळीं साऱ्या दिवसाचें मापण्याचें काम पुरें केलें जातें.

गलबतावरील रोजचीं मापें रोजनिशींत कशीं नोंदितात, तें एक दोन उदाहरणांवरून स्पष्ट करून दाखवूं.

रोजनिशींत गमनमार्ग खरे करून लिहितांना प्रथमतः निवाऱ्याकडे जाण्याचा कोन (लीवे) लक्ष्यांत घेऊन तो गमनमार्गांत मिळविला किंवा वजा केला पाहिजे. नंतर होक्याची चूक जी चलन व विचलन ह्या दोहोंनीं मिळून झालेली असते, ती लक्ष्यांत घेऊन गमनमार्गांत मिळविली किंवा वजा केली पाहिजे, हें विसरतां कामा नये.

उदाहरण.

एक गलबत केपालिझार्डपासून १० मैलांवर आहे; त्याचा प्रस्थानगमनमार्ग पाहून असें नोंदिलें आहे कीं, लिझार्डचे उत्तर अक्षांश ४९° – ५७′ व पश्चिमरेखांश ५° – १४′ आहे; व १० मैलां-

वरून त्याचें उत्तरांतर N. E. dy N. आहे. नंतर तें गलबत खालीं लिहिलेल्या रोजनिशीच्या नोंदीप्रमाणें चाललें; त्याचा प्रस्थानगमनमार्ग तारीख १ जून रोजीं पाहिला होता, तर त्याचें तारीख २ जून रोजीं खालील रोजनिशीवरून अक्षांश रेखांश काय होतील तें सांगाः—

गलबतावरील रोजनिशी.

तास.	गमनमार्ग.	अंतर. मै.	द.	वाऱ्याची दिशा.	लीवे निवाऱ्याचा कोन बिंदु.	विचलन.	शेरा व तारीख.
१	S.S.W.	५		S. E.	½ खंड.	१६° प.	तारीख १ जून १८९२.
२		५	४				केपलिझार्ड उ० अक्षांश४९°-५७′
३		५	६				प० रेखांश ५°-१४′
४		६					होक्यावरून उत्तरांतर N. E.
५	N by. E	६		E by. N	१	१५° पूर्व	by. N.
६		६					अंतर १० मैल.
७		५	५				गलबताचें नाळ SS.W विचलन
८		५	५				कोष्टकावरून.
९	S.W. by.W.	५	-	S.by. E	१½	१९° प०	
१०		५	५				
११		६	५				
१२		७					
१	S. ½ W.	७	४	E. S. E.	१	१०° प०	चलन २३°-३० पश्चिम.
२		७	४				
३		७	६				
४		७	६				
५	S. S. E.	८		S. W.	½	७° पूर्व	प्रवाह दिशा N. E.
६		८					[खरें चुंबक उत्तरांतर]
७		७	५				अंतर ३६ मैल. निघाल्यापासून
८		७	५				सर्व दिवसभर प्रवाह सुरू आहे.
९	S. E.	६	४	S.W.- by.S.	¼	१४° पूर्व.	
१०		६	२				
११		६					
१२		५	४				

या रोजनिशीवरून प्रत्येक गमनमार्ग, चलन व विचलन मिळवून खरा करून, व त्या मार्गानें निरनिराळ्या वेगांनीं क्रमिलेल्या अंतरांची बेरीज घेऊन ट्रॅव्हर्स कसे तयार करावें तें पुढें सांगितलें आहे.

प्रस्थान-गमनमार्ग N. E. dy. N. म्हणजे उत्तरेकडून पूर्वेस ३३° – ४५′ हा उलट केला तर तो दक्षिणेकडून पश्चिमेस
३३° – ४५′ म्ह. उजवेस

चलन २३३°प० } म्ह० पश्चिमेस
विचलन १६°प० } ३९°–३० ३९° – ३०′ डावे बाजूस

.·. खरा प्रस्थान-मार्ग- ५° – ४५°

अथवा ६° द० पूर्वेस } १
व अंतर १० मैल. }

(१) पहिला गमनमार्ग S. S. W. म्हणजे दक्षिणेकडून उजवेकडे दोन बिंदु =२२°–३०′ द० उजवीकडे.
(लीवे) निवाऱ्याचा कोन. ५°–३७′ द० उजवीकडे.
२८°–७′ द० उजवीकडे.

चलन २३३° प० }
विचलन१६° प० } ३९°–३०′ उत्तरेच्या डावीकडे.

.·. खरा गमनमार्ग ११ – २३′ द० उजवीकडे. } २
व अंतर २२ मैल. }

(२) दुसरा गमनमार्ग N. dy. E. म्हणजे उत्तरेकडून एक बिंदु पूर्वेस =११°–१५′ उत्तरेच्या उजवीकडे.
(लीवे) निवाऱ्याकडील } ११ – १५′ उत्तरेच्या डावीकडे.
कोन. } ० – ० म्हणजे थेट उत्तर ग.मा.

चलन २२½ पश्चिमेस }
विचलन १५° पूर्वेस } ८°–३०′ उत्तरेच्या डावीकडे ९ } ३

∴ खरा गमनमार्ग = ९° – ०; व अंतर २२ मैल.

(३) तिसरा गमनमार्ग S. W. dy. W. म्हणजे दक्षिणेकडून ५ खंड किंवा बिंदु पश्चिमेस; द० प० ५ खंड उजवीकडे.

(लीवे) निवाऱ्याकडील कोन द० १½ खंड उजवीकडे.

द० प० ६½ = ७३° – ८′ द० उ०

चलन २२½° प० }
विचलन १९° प० } ४२°–३०′ द० डावीकडे ४२–३०′

खरा गमनमार्ग द. उजवीकडे ३०–३८′ }
व अंतर २४ मैल, = ३१° } ४

(४) चवथा गमनमार्ग; S. ½ W. म्हणजे द० उ० ½ खंड प.

(लीवे) निवाऱ्याचा कोन द० १ खंड उजवीकडे = १ खंड प.

= १½ खंड प.

= १६ –५२ द० उ०

चलन २२½ प० }
विचलन १० पश्चिम. } ३२–३० डावीकडे. ३२ –३० द० डा.

१६ –३७′ द० डा०

खरा गमनमार्ग दक्षिणेकडून पूर्वेस = १७° }
व अंतर ३० मैल. } ५

(५) पांचवा गमनमार्ग S. S. E. म्हणजे द० २ खंड

डावीकडे = २२° –३०′ द० डा०
(लीवे) निवाऱ्याचा कोन ३ खंड डा०=५° –३८′ द० डा०
२८° –८′ द० डा०

चलन २३½° प० }
विचलन ७ पू० }
१६°–३०′ डावीकडे.
४४°-३८′=द.डा. ४५°पू. } ६
व अंतर ३१ मैल.

(६) सहावा गमनमार्ग

S. E. म्हणजे द० ४५°–डावीकडे }
(लीवे) निवाऱ्याचा कोन २°–४९′ डावीकडे. } ७
द० ४७°–४९′ डावीकडे.

चलन २३½ प० }
विचलन १४° पू० } –९°–३०′ डावीकडे.

५७–१९′ द० डावीकडे म्ह० पू.

खरा गमनमार्ग ५७°– ० व अंतर २४ मैल ७

(७) प्रवाह-गमनमार्ग

N. E. म्हणजे ४५ –० उत्तरेच्या उजवीकडे उ० पू०

चलन २३ –३० उत्तरेच्या डावीकडे.
२१°–३०′ उ० उ० = २२° उ० पूर्वेस }
व अंतर ३६ मैल. } ८

हे सर्व खरे केलेले गमनमार्ग व अंतरें आलीं, तीं ट्राव्हर्समध्यें लिहून ट्राव्हर्स कोष्टकावरून गलबत कोठें आलें तें ठिकाण काढावें.

ट्रान्हर्स कोष्टक.

	गमनमार्ग.	अंतर मैल.	अक्षांशांतर.		रेखांशांतर.	
			उ०	द०	पूर्व.	प०
प्रस्थान मार्ग	द० ६° पू०	१०		९-९	१-०	
१ ला मार्ग.	द० ११° पू०	२२		२१-६	४-२	
२ रा	उ० ९° प०	२३	२२-७			३-६
३ रा	द० ३१° पं०	२४		२०-६		१२-४
४ था	द० १७° पू०	३०		२८-७	८-८	
५ वा	द० ४५° पू०	३१		२१-९	२१-९	
६ वा.	द० ५७° पू०	२४		१३-१	२०-१	
प्रवाहमार्ग.	उ० २२° पू०	३६	३३-४		१३-५	
			५६-१	११५-८	६९-५	१६-०
				५६-१	१६-०	
			द. अक्षांश	५९-७	५३-५	पूर्व रेखांश.

ट्राव्हर्स कोष्टकांत ५९·७ अक्षांशांतर व ५३·५ रेखांशांतर हे आंकडे ४८° अंशाचे पानावर समोरासमोर सांपडतात व त्याचें मार्गे ८० मैल अंतर सांपडतें म्हणून एक गमनमार्ग ४८° व अंतर ८० मैल हें उत्तर. गमनमर्ग दक्षिणेकडून ४८° पूर्वेस, व अंतर ८० मैल.

अक्षांश काढण्यास—

निघाल्या ठिकाणचे अक्षांश	४९°–५७′– ०″ उत्तर.
अक्षांशांतर ५९·७ मैल	०–५९′–४२″ दक्षिण.
पोंहोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश	४८°– ५७′–१८″ उत्तर.

मध्याक्षांश व पूरक मध्याक्षांशः—

निघाल्या ठिकाणचे अक्षांश	४९°–५७–०″	
पोहोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश	४८°–५७′–१८″	
बेरजेचे अर्थ, २)	९८ – ५४ – १८	
= मध्याक्षांश	४९ – २७′ –९″	९०°·०′-०″
कोमध्याक्षांश	४०° –३३	

रेखांशः—

कोमध्याक्षांश ४०°–३३′ किंवा ४१° चें पान ट्राव्हर्स कोष्टकांतून काढा व रेखांशांतर (डिपारचर) ५३-५ मैल हें रेखांशांतराचे घरांत त्या पानावर पहा; त्याचें मागें अंतर८२ मैल सांपडेल, तें खरें रेखांशांतर (म्ह० भूमध्यरेषेवर मापिलेलें) आहे. त्याचे अंश १°–२२′ कला करून तें रेखांशांत वजा करा.

निघाल्या ठिकाणचे रेखांश	५° –१४ प०	
रेखांशांतर ८२ मैल	= १ –२२ पूर्व.	
पोंचल्या ठिकाणचे रे.=	३° –५२′	पश्चिम.

म्हणून गलबताचे नवीन ठिकाणाचे

उत्तर अक्षांश ४८°–५७′ }
पश्चिमरेखांश ३°–२२′ } हें आहे.

टीप—(१) ट्राव्हर्स कोष्टकांत १° पासून ९०° पर्यंत प्रत्येक पूर्ण अंशाचे गमनमार्ग दिले आहेत. ते १° पासून ४५° पर्यंत पानाच्या वरल्या बाजूस दिलेले आहेत व ४५° पासून ९०° पर्यंत पानाच्या खालच्या बाजूस दिले आहेत. परंतु त्यांत कला किंवा अंशाचे भाग दिलेले नाहींत, व आपल्या गमनमार्गांत अंश व कला हीं कधीं कधीं असतात, म्हणून कोष्टकांतून गमनमार्ग काढतांना

कला सोडून देऊन त्याचे अगदीं जवळील पूर्ण अंशाचा आंकडा घेतात, व तो गमनमार्ग समजून त्याचें दिलेल्या अंतरापुढें अक्षांश-गमन व रेखांशगमन किती तें पाहतात. वरील उदाहरणांत प्रस्थान मार्ग ५°–४५′ आहे. परंतु तो आपण ६° धरला आहे. कारण ६° हा ५°–४५ चे अगदीं जवळचा पूर्ण अंशाचा अंक आहे. प्रवाह-मार्ग २१°–३०′ आहे. तो २१° व २२° यांच्या अगदीं मध्यें आहे. म्हणून कोणताही जवळचा पूर्णांक धरला तरी सारखेंच आहे. आपण २२° धरला आहे, तो २१ घेतला तरी चालेल.

टीप—(२) प्रवाह-मार्गाची दिशा खरी चुंबक दिशा दिली आहे. ती होकायंत्रानें दाखवितां येत नाहीं, कारण इतक्या गमन मार्गास लागू पडणारी एक दिशा होक्यावरून निघत नाहीं. कारण होक्यास विचलन असतें तें निरनिराळ्या दिशेस निरनिराळें असतें व प्रवाह, प्रस्थान-मार्ग पहिल्यापासून शेवटपर्यंत, एकाच दिशेचा आहे म्हणून त्याची खरी चुंबक दिशा काढून त्यास फक्त चलन लाविलें आहे.

टीप—(३) होक्याचें चलन शेऱ्याचे सदरांत दिलेलें असतें, तें पाहून तें प्रत्येक गमनमार्गास सारखेंच लाविलें पाहिजे. विचलन मात्र प्रत्येक मार्गास निरनिराळें असतें. म्हणून त्याचें सदर निराळें केलें असतें. चलन एकसारखें असतें म्हणून तें शेऱ्याचे सदरांत लिहितात.

टीप—(४) पहिल्या गमनमार्गाचें अंतर २२ मैल आहे, तें पहिल्या चार तासांच्या अंतरांची बेरीज करून आलेलें आहे. (५+५-४+५-६+६=२२) कारण या चार तासांत गलबताच

गमनमार्ग बदलला नाहीं. गमनमार्ग पांचव्या तासाच्या आरंभीं बदलला आहे व तो आठव्या तासाच्या शेवटापर्यंत तसाच राहतो म्हणून त्या प्रत्येक तासाच्या अंतराची बेरीज केली ती ६+६+५-५+५-६=२१ आली. हें दुसऱ्या गमनमार्गाचें अंतर आलें तें त्या गमनमार्गापुढें मांडिलें आहे. याप्रमाणेंच पुढील मार्गांचीं अंतरें काढिलीं आहेत. अक्षांश रेखांशही मागें सांगितल्याप्रमाणेंच काढिले आहेत.

भाग नववा.

समांतर नौकागमन किंवा भूमध्यवृत्तसमांतर नौकागमन.

समांतर नौकागमन म्हणजे जेव्हां गलबत बरोबर पूर्व--पश्चिम चालतें, म्हणजे तें कोणच्या तरी एकाच अक्षांशवृत्तावर चालतें, तेव्हां त्याचे चालीवरून त्याचें रेखांशांतर किती होतें तें काढण्याची रीती होय; अथवा कोणत्या तरी एकाच अक्षांशवृत्तावरील दोन ठिकाणांमधील रेखांशांतरावरून त्यांच्यामधील अंतर मैलांत काढण्याची रीति होय.

सरलैकरेषा नौकागमनाच्या रीतीमध्यें पृथ्वीचा पृष्ठभाग ही एक सपाट पातळी आहे असें मानिलें होतें; परंतु आतां पृथ्वीचा पृष्ठभाग खरोखर जसा गोल आहे तसाच धरून गलबताचे रेखांश काढण्याच्या रीति आहेत त्या पाहिल्या पाहिजेत. म्हणजे पृथ्वी गोलाकार आहे असें धरून गलबताचें खरें रेखांशांतर काढिलें पाहिजे.

भूमध्यवृत्तावर जर गलबत बरोबर पूर्वेस किंवा पश्चिमेस ६० मैल चाललें तर त्याच्या रेखांशांत जवळ जवळ एक अंशाचा फेर पडतो; परंतु दुसऱ्या कोणत्याही ठिकाणीं हें खरें होत नाहीं. कारण उत्तर अथवा दक्षिण ४५° अक्षांशाच्या-वृत्तावर जर गलबत बरोबर पूर्वेस अथवा पश्चिमेस ६० मैल चाललें तर त्याच्या रेखांशांत

१°–२५′–०″ चा फेर पडतो. तसेंच तें उत्तर अथवा दक्षिण ६० अक्षांशांवर बरोबर पूर्व--पश्चिम ६० मैल चाललें असतां, त्याचे रेखांशांत २° अंश अथवा १२०′ कला, इतका फेर पडतो. व तेंच उत्तर अथवा दक्षिण ७३° अक्षांशांवर, पूर्व पश्चिम, ६० च मैल चाललें असतां, त्याचे रेखांशांत ३°–२५′ इतका फेर पडतो. पृथ्वीच्या कृतिम गोलाकडे पाहिलें असतां, असें कां होतें तें सहज लक्ष्यांत येईल. गोलावरून असें कळून येईल कीं, रेखांशवृत्तें किंवा मध्यान्हवृत्तें, जीं याम्योत्तर किंवा दक्षिणोत्तर असतात, तीं भूमध्य-रेषेवर एकमेकांपासून फार दूर असतात व जसजसें उत्तर अगर दक्षिण ध्रुवाकडे जावें तसतशीं तीं एकमेकांचे जवळ जवळ येतात व दोन्ही ध्रुवांशीं तीं सर्व एके बिंदूंत मिळतात. म्हणून जसजसे उत्तर अगर दक्षिण अक्षांश वाढत जातात तसतसें त्या अक्षांशावरील दोन रेखांशवृत्तांमधील अंतर, भूमध्यरेषेवरील त्याच दोन रेखांशवृत्तां-मधील अंतरापेक्षां कमी भरतें; म्हणजे जसजशीं अक्षांशवृत्तें भूमध्य-वृत्तापासून दूर जातात तसतशी त्यांवरील रेखांशांच्या प्रत्येक अंशाची लांबी मैलांनीं मापली असतां कमी कमी भरते.

गोलावरील वर्तुलांसंबंधीं व्याख्या.

गोलावरील मोठें वर्तुल म्हणजे ज्या वर्तुलाची पातळी गोलाच्या मध्य बिंदूंतून जाते व ती त्या गोलाचे दोन समान भाग करिते, तें वर्तुल होय. त्या प्रत्येक समान भागास गोलार्ध असें म्हणतात. जसें पूर्वगोलार्ध व पश्चिम गोलार्ध हे पृथ्वीचे दोन समान भाग २०° विसाव्या रेखांश वृत्तानें केले आहेत. तसेच उत्तर गोलार्ध व दक्षिण गोलार्ध असे पृथ्वीचे दोन समान भाग भूमध्यवृत्तानें केले आहेत.

म्हणून भूमध्यवृत्त व सर्व याम्योत्तरवृत्तें (रेखांशवृत्तें) हीं पृथ्वीच्या गोलावरील मोठीं वर्तुलें होत.

गोलावरील लहान वर्तुलें:—ज्या वर्तुलाची पातळी गोलाच्या मध्यबिंदूतून जात नाहीं, व जें त्या गोलाचे दोन असमान (लहान मोठे) भाग करिते त्यास गोलाचें लहान वर्तुल म्हणावें. जसें कर्क-वृत्त, मकरवृत्त, उत्तर व दक्षिण ध्रुववृत्त व भूमध्य वृत्ताशिवाय सर्व अक्षांशवृत्तें हीं पृथ्वीचीं लहान वर्तुलें होत.

कर्कवृत्त हें एक पृथ्वीचें लहान वर्तुल भूमध्य रेषेपासून २३½° अंश उत्तरेस आहे; व मकरवृत्त हें दुसरें एक पृथ्वीचें लहान वर्तुल भूमध्य रेषेपासून २३½° अंश दक्षिणेस आहे.

उत्तर ध्रुववृत्त हें एक पृथ्वीचें लहान वर्तुल उत्तर ध्रुवाभोंवतीं २३½° अंशांवर आहे; व दक्षिण ध्रुववृत्त हें दुसरें एक लहान वर्तुल दक्षिण ध्रुवाभोंवतीं २३½ अंशांवर आहे.

कर्कवृत्त व उत्तर ध्रुववृत्त यांच्यामधील प्रदेशास उत्तर समशी-तोष्ण कटिबंध म्हणतात; व मकरवृत्त आणि दक्षिण ध्रुववृत्त यांच्या मधील प्रदेशास दक्षिण समशीतोष्ण कटिबंध म्हणतात.

समांतर (भूमध्यवृत्त समांतर) **नौकागमन काढण्याची सरणी किंवा रीति:**—

गोलावरील वर्तुलासंबंधीं जरूरीच्या व्याख्या सांगितल्यावर आतां भूमध्यवृत्तसमांतर नौकागमनांतील मुख्य नियम किंवा सरणी:—

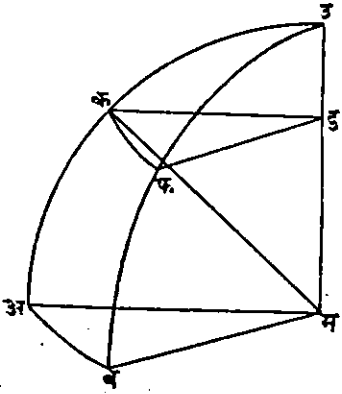
मध्यान्हांतर=रेखांशांतर×अक्षांशकोभुजज्या हीं सिद्ध करून दाखवूं.

वरील नियमाचा अर्थ असा आहे कीं कोणतेंही गलबत एकाद्या अक्षांशवृत्तावर बरोबर पूर्व–पश्चिम चाललें असतां, त्यानें क्रमिलेलें

अंतर (त्याची चाल=मुसाद), हें, तें ज्या रेखांशवृत्तावरून निघालें तें रेखांशवृत्त, व ज्या रेखांशवृत्तावर तें आलें, तें रेखांशवृत्त, या दोहोंच्यामधील अंतरास (म्ह० रेखांशांतरास) तें ज्या अक्षांश-वृत्तावर चाललें त्या अक्षांशकोनाच्या को–भुजज्येनें गुणिलें असतां, त्या गुणाकाराबरोबर आहे. आतां दोन रेखांशवृत्तांमधील कोणत्याही अक्षांशवृत्तावर मैलांनीं मापलेल्या अंतरास **मध्यान्हांतर** म्हणावें, व त्याच दोन रेखांशांमधील भूमध्यरेषेवर मैलांनीं मापलेल्या अंतरास खरें **रेखांशांतर** म्हणावें असें मागें सांगितलें आहे; म्हणून वरील नियम कीं, कोणत्याही दोन रेखांशवृत्तांमधील पाहिजे त्या अक्षांश-वृत्तावर मापिलेलें अंतर (म्हणजे मध्यान्हांतर) हें, त्या दोन रेखांशांमधील खऱ्या रेखांशांतरास त्या अक्षांशकोनाच्या को-भुजज्येनें गुणिलें असतां त्या गुणाकाराबरोबर असतें, हा नियम थोडक्यांत–

मध्यान्हांतर=रेखांशांतर×अक्षांशको–भुजज्या, असा लिहिला आहे. परंतु त्याचा खरा अर्थ वर दिल्याप्रमाणें व्यापक आहे.

सिद्धता



आकृति ३१. वी

आतां असें समजा कीं, उ अ ब म हें एक भू-गोलाचें खंड आहे, म हा पृथ्वीचा मध्य आहे, उ उत्तर ध्रुव आहे, उ क अ, व उ फ ब, हे दोन मध्यान्हवृत्ताचे भाग आहेत, अ ब हा भू-मध्यवृत्ताचा एक कंस आहे व क फ हा अक्षांशवृत्ताचा एक कंस आहे. क म सांधा; म्हणजे अ क, व ब फ कंस, अथवा अ म क कोन

हा क किंवा फ चे अक्षांश आहे. अ ब रेखांशांतर आहे. कारण तें भू-मध्यवृत्तावर मापिलेलें दोन रेखांशवृत्तांमधील अंतर आहे; व क फ हें मध्यान्हांतर आहे. कारण तें भू-मध्यवृत्तावर मापलें नसून दुसऱ्या एका अक्षांशवृत्तावर मापलेलें दोन रेखांशवृत्तांमधील अथवा मध्यान्हवृत्तामधील अंतर आहे. अ ब म ही भूमध्यवृत्ताची पातळी आहे, व क फ ड ही भू-मध्यवृत्ताशीं समांतर अशी एक दुसरी पातळी आहे, असें समजा. म्हणून क ड, अ म शीं समांतर आहे, व फ ड, ब म शीं समांतर आहे व अ म ब कोन क ड फ कोनाबरोबर आहे.

आतां जे कंस सारखे कोन करितात, ते ज्या वर्तुलांचे ते कंस असतात, त्या वर्तुलांच्या त्रिज्यांशीं प्रमाणांत असतात;

$$\text{म्हणून} \quad \frac{\text{कफ कंस}}{\text{अब कंस}} = \frac{\text{कड त्रिज्या}}{\text{अम त्रिज्या}} = \frac{\text{कड}}{\text{कम}}$$

कारण, कम=अम आहे; कारण त्या दोन्ही एकाच गोलाच्या त्रिज्या आहेत.

$$\text{आणि} \quad \frac{\text{कड}}{\text{कम}} = \text{भुजज्या क म ड}$$

$$= \text{को–भुजज्या क म अ}$$

$$\text{म्हणून} \quad \frac{\text{कफ कंस}}{\text{अब कंस}} = \text{को–भुजज्या क म अ}$$

परंतु कफ कंस हें मध्यान्हांतर (म्हणजे दोन मध्यान्हवृत्तांमधील किंवा रेखांशवृत्तांमधील अंतर) आहे व अब कंस हें खरें रेखांशांतर आहे, कारण तें भूमध्यवृत्तावर मापिलेलें त्याच दोन रेखांशवृत्तांमधील

अंतर आहे; व कमअ कोन हा अक्षांशकोन आहे, कारण तो अक कंसानें दाखविला आहे. म्हणून को–भुजज्या कमअ=

=को–भुजज्या अक्षांश, किंवा अक्षांशको–भुजज्या.

म्हणून $\frac{\text{मध्यान्हांतर}}{\text{रेखांशांतर}}=$ अक्षांशको–भुजज्या.

∴ मध्यान्हांतर=रेखांशांतर×अक्षांशको–भुजज्या.

अथवा जर म=मध्यान्हांतर, कफ कंस.

र=रेखांशांतर, अब कंस.

अक्ष=अक्षांशांतर अक कंस.

तर, म=र×को–भुजज्या अक्ष, अशी ही सरणी थोडक्यात लिहितां येते; परंतु त्याचा अर्थ मागें दिल्याप्रमाणेंच व्यापक आहे.

उदाहरण.

एक गलबत अ ठिकाणाहून ब ठिकाणीं जातें तर खालीं दिलेल्या माहितीवरून त्याचा होक्यावरील गमनमार्ग (मुजरो) व अंतर (मुसाद) काढा:—

अ चे अक्षांश ३२°–४२′ उत्तर }
ब चे अक्षांश ३२°–४२′ उत्तर } अक्षांशांतर=०

अ चे रेखांश ९°–९′ पश्चिम }
ब चे रेखांश १९°–१० पश्चिम } रेखांशांतर=१०°–१′

चलन २१°–१०′ पश्चिम }
विचलन ८°–१२′ पूर्व }

दोन्ही ठिकाणें एकाच अक्षांशांवर आहेत म्हणून गलबत बरोबर पूर्व–पश्चिम चालविलें पाहिजे, व ब स्थल अ चे पश्चिमेस आहे म्हणून आपणांस थेट पश्चिमेसच गलबत नेलें पाहिजे.

रेखांशांतर १०°–१′=६०१ मैल

सरणीः—

म=र×कोभुज अक्ष

किंवा

मध्यान्हांतर=रेखांशांतर×अक्षांश को-भुजज्या.

आतां येथें रेखांशांतर ६०१ मैल, व अक्षांश ३८°–४२ आहेत.

म्हणून मध्यान्हांतर=६०१×को–भुजज्या (३८°–४२′)

∴ ६०१ चे लागर्थम्=२·७७८८७४

को–भुजज्या (३८°–४२′) चे लागर्थम्=९·८९२३३४

२·६७१२०८ लाग.

लागर्थम कोष्टकांवरून संख्या ४६९

∴ ४६९ मैल हें अंतर.

आतां होक्यावरील गमनमार्ग काढण्यास

खरा गमनमार्ग पश्चिम दिशा	९०°–०	उत्तरेच्या डावीकडे
चलन पश्चिम–(चे उलट)	२१°–१०′–०	उजवीकडे
	६८°–५०′–०	उत्तरेच्या डावीकडे
विचलन पूर्वे (च्या उलट)		
	८°–१२′–०	उत्तरेच्या डावीकडे
	७७°—२′–०	

∴ उत्तर होक्यावरील गमनमार्ग (किंवा मजुरो)

=उत्तरेच्या ७७°–२′ पश्चिमेकडे.

(२) रें उदाहरण.

कोणत्या अक्षांशवृत्तावर रेखांशाच्या एका अंशाची लांबी ४५ मैल भरते तें काढा.

येथें मध्यान्हवृत्तांतर, म=४५ मैल,

खरें रेखांशांतर, र=६० मैल (कारण रेखांशाच्या एक अंशाची लांबी भूमध्यवृत्तावर मापिली असतां ६० मैल भरते).

म्हणून सरणींत म व र ची किंमत ठेवावी. म्ह० को भुज अक्ष निघेल.

सरणी म=र×को–भुज अक्ष

४५=६०×को–भुज अक्ष.

$$\text{म्हणून अक्ष को-भुजज्या} = \frac{४५}{६०} = \frac{३}{४}$$

लागर्थम ४५ (+१०)	=११·६५३२१३
वजा लागर्थम ६०	= १·७७८१५१
कोष्टकावरून	९·८७५०६२
लाग को-भुज (४१°–२५′)=	९·८७५०६२

∴ उत्तर=४१°–२५′ अक्षांश.

(३) रें उदाहरण.

४५° अक्षांशवृत्तावर रेखांशवृत्ताच्या एका अंशाची लांबी काय भरेल तें काढा.

येथें खरें रेखांशांतर ६० मैल आहे म्हणून

म=र×अक्ष को–भुजज्या

=६०×को–भुज (४५°)

लागर्थम ६०=	१·७७८१५१
लाग को-भुज ४५=	९·८४९४८५
	११·६२७६३६

कोष्टकावरून संख्या ४२·४३

उत्तर ४२·४३ मैल.

---

(४) थें उदाहरण.

उत्तर अक्षांश ५०°–३५′ या वृत्तावर एक गलबत थेट पूर्वेस २४० मैल जातें तर त्याच्या रेखांशांत किती फेर पडला तें काढा.

म=र×को–भुजज्या अक्ष.

येथें म=२४० मैल.

∴ २४०=र×को–भुजज्या (५०°–३५′)

∴ र=२४०×छेदनरेषा (५०°–३५′)

२४० चे लागर्थ = २·५३१४७९

छेदनरेषा (५०°–३५) चे लाग.=१०·१९७२५७

२·७२८७३६ लागर्थम्–

कोष्टकावरून संख्या

५३५·५ मैल, ६०) ५३५·५ (८

४८०

·५५·५

५३५·५ मैल=८°–५५′–३०″ हें उत्तर.

---

(५) वें उदाहरण.

पृथ्वीच्या दैनंदिन गतीमुळें भू–मध्यवृत्तावरील एकादें ठिकाण दर तासांत किती मैल चालतें तें काढा व ६०° अक्षांशवृत्तावरील एकादें ठिकाण दर तासास किती मैल चालतें तें सांगा.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील प्रत्येक ठिकाण दर दिवसांत म्हणजे दर २४ तासांत ३६०° फिरतें.

म्हणजे दर तासांत $\frac{३६०^\circ}{२४}$=१५° अंश फिरतें.

म्हणजे १५° रेखांश फिरतें

आतां भू—मध्यवृत्तावर रेखांशाच्या प्रत्येक अंशाची लांबी ६० मैल आहे.

म्हणून १५°×६०=९०० मैल हा वेग भू—मध्यवृत्तावरील प्रत्येक ठिकाणास दर तासांत आहे.

आतां ६० अक्षांशावरील प्रत्येक ठिकाण दर तासांत किती चालतें तें काढण्यास ६० अक्षांशावरील रेखांशाच्या एका अंशाची लांबी कळली पाहिजे. व तिला १५ नीं गुणिलें म्हणजे झालें.

म =र ×को—भुजज्या (६०°)

=६०×·५०००००

=३० मैल

∴ १५°×३०=४५० मैल हा दर तासांत ६० अक्षांशावरील प्रत्येक ठिकाणाचा वेग झाला.

भाग १० वा.

मध्याक्षांश नौकागमन.

मध्याक्षांश नौकागमन—जेव्हां गलबत थेट दक्षिणेस किंवा थेट उत्तरेस जातें, (म्हणजे तें एकाच रेखांशवृत्तावर चालतें) तेव्हां त्यानें क्रमिलेलें अंतर हें त्याचें अक्षांशांतर होय. तें मैलांत येईल त्याचे अंश करून तें निघाल्या ठिकाणच्या अक्षांशांत मिळविले असतां किंवा वजा केले असतां त्याचें पोहोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश काढितां येतात व रेखांश तेच असतात, बदलत नाहींत; म्हणून गलबताचे पोहोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश व रेखांश एकदम नक्की करितां येतात.आतां गलबत जर थेट पूर्वेस अगर पश्चिमेस चाललें तर त्याचे अक्षांश बदलत नाहींत, म्हणजे तें कोणत्या तरी एकाच अक्षांशवृत्तावर चालतें तेव्हां त्याचें रेखांशांतर हें त्याच्या पूर्व-पश्चिम चालीनें एकदम काढतां येत नाहीं. परंतु त्याची पूर्व-पश्चिम चाल म्हणजे मध्यान्हांतर म = र × अशांश–कोभुजच्या, याबरोबर असते, हें समांतर नौकागमनांत दाखविलें आहे, त्यावरून त्या गलबताचें खरें रेखांशांतर निघतें व तें निघाल्या स्थळाच्या रेखांशांत मिळविलें किंवा वजा केलें म्हणजे पोहोंचल्या ठिकाणचे रेखांश निघतात. परंतु जेव्हां गलबत तिरपें चालतें म्हणजे तें थेट उत्तर-दक्षिण किंवा पूर्व-पश्चिमही चालत नाहीं (म्हणजे तें कोणत्याही एकाच रेखांशवृत्तावर किंवा अक्षांशवृत्तावर चालत

नाहीं.) परंतु त्याशिवाय दुसऱ्या कोणत्यातरी तिरप्या दिशेनें चालतें व त्याचे अक्षांश व रेखांश हीं दोन्ही बदलतात, तेव्हां त्याचें अक्षांशांतर सरळ पातळी नौकागमनाच्या रीतीनें काढितां येतें; परंतु त्याचें खरें रेखांशातर हें निघाल्या ठिकाणाच्या अक्षांशावर मापिलेल्या मध्यान्हांतरावरून किंवा पोहोंचल्या ठिकाणच्या अक्षांशावर मापिलेल्या मध्यान्हांतरावरूनही काढितां येत नाहीं; कारण ध्रुवाकडील अक्षांशांवर मापिलेल्या मध्यान्हांतरावरून काढिलेलें खरें रेखांशांतर वाजवीपेक्षां कमी येईल व विषुववृत्ताकडील अक्षांशावर मापिलेल्या मध्यान्हांतरावरून खरें रेखांशांतर काढिलें तर तें वाजवीपेक्षां अधीक येईल; म्हणून या दोहोंमधील मध्याक्षांशावर मापिलेल्या मध्यान्हांतरावरून खरें रेखांशांतर काढितात; म्हणून या रीतीस **मध्याक्षांश नौकागमन** म्हणतात; व तीमध्यें सरळ पातळी नौकागमन व समांतर नौकागमन या दोन्ही रीतींचें मिश्रण केलेलें आहे. म्हणजे मध्याक्षांश नौकागमनांत सरळ पातळी नौकागमनाप्रमाणेंच गणित करून रेखांशगमन (डिपारचर) काढितात, व तें मध्य अक्षांशावरील मध्यान्हांतर धरून त्यावरून खरें रेखांशांतर काढितात; याप्रमाणें सरळ पातळी नौकागमन व भूमध्यवृत्त समांतर नौकागमन या दोन्ही रीतींचा उपयोग करून, सरळ पातळी नौकागमनांत पृथ्वीचा पृष्ठभाग ही एक सरळ पातळी आहे असें मानिल्यामुळें होणारी चूक, मध्याक्षांशगमन रीतीनें बहुतेक दूर केली जाते.

गलबत कोणत्या तरी एकाच रेखांशवृत्तावर किंवा अक्षांशवृत्तावर चाललें असतां त्याचे पोहोंचलेल्या ठिकाणचे अक्षांश व रेखांश हे त्याच्या चालीवरून कसे काढावे हें मागें सांगितलेंच आहे. आतां गलबत थेट पूर्व-पश्चिम किंवा दक्षिणोत्तर या दिशेनें न जातां

तिरप्या दिशेनें म्हणजे प्रत्येक मध्यान्हवृत्ताशीं काटकोन न करितां दुसरा कोणता तरी सारखाच कोन करून जातें, तेव्हां त्याचे अक्षांश व रेखांश हे दोन्ही बदलतात. मध्य अक्षांश नौकागमनाच्या रीतीनें आपण या तिरप्या चालींत गलबताचा गमनमार्ग, अंतर, रेखांशांतर, अक्षांशांतर व ज्या ठिकाणीं गलबत आलें त्या ठिकाणचे अक्षांश, रेखांश हीं कांहीं दिलेल्या माहितीवरून काढूं शकतों.

समांतर नौकागमन रीतींत–

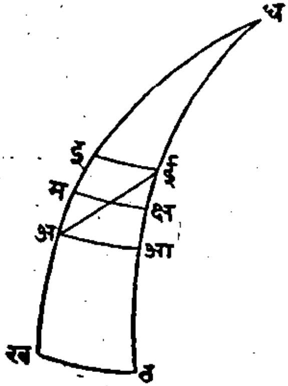
म = र × अक्षांश को-भुजज्या— (१)

हें समीकरण कसें येतें तें सिद्ध करून दाखविलें आहे. आतां मध्य अक्षांश नौकागमनांत हें समीकरण–

म = र × मध्याक्षांश को-भुजज्या (२) या समीकरणानें दाखविलें जातें व त्याचा अर्थ असा होतो कीं, (म) म्हणजे दोन मध्यान्हवृत्तांमधील अंतर हें खरें रेखांशांतर गुणिले मध्य अक्षांश को-भुजज्या, याचे बरोबर असतें. पहिल्या समकिरणाचें रूपांतर करून दुसरें समीकरण लिहिण्याचें कारण असें आहे कीं, पहिल्या समीकरणांतील दोन ठिकाणें एकाच अक्षांशवृत्तावर होतीं व दुसऱ्या समीकरणांतलि दोन ठिकाणें निरनिराळ्या अक्षांशवृत्तावर आहेत, व निरनिराळ्या अक्षांशवृत्तांवर असणाऱ्या दोन स्थळांमधून जाणाऱ्या दोन मध्यान्हवृत्तांमधलि रेखांशांतर हें त्या दोन स्थळांमधलि मध्याक्षांशवृत्तावर मापिलेल्या मध्यान्हांतराबरोबर (डिपारचरबरोबर) बहुतेक असतें, असें गृहीत घेतलें आहे.

पुढील आकृतींत ध हा पृथ्वीचा ध्रुव आहे. व अ आणि ई हीं पृथ्वीवरील दोन स्थळें निरनिराळ्या अक्षांश व रेखांशावर आहेत, असें समजा. धइ, अख, व धई, आत, हीं दोन मध्यान्हवृत्तें

आणि ई या दोन स्थळांमधून जात आहेत, व खत हा त्या दोन मध्यान्हवृत्तांमधील भूमध्यवृत्ताचा भाग आहे, व अ आ आणि इ ई हे त्या दोन स्थळांमधून जाणाऱ्या दोन अक्षांशवृत्ताचे भाग आहेत, व मक्ष हा त्या दोन स्थलांच्या मध्य अक्षांशाचा भाग त्या दोन रेखांशवृत्तांच्यामध्यें आहे असें समजा. आतां अ पासून ईपर्यंत एकादें गलबत जातें अशी कल्पना केली तर त्याचें रेखांशगमन (डिपारचर) हें इ ईपेक्षां अधिक होईल परंतु अ आपेक्षां कमी होईल, व तें बहुतेक मक्ष बरोबर होईल व मक्ष हा त्या दोन अक्षांशांमधील मध्यअक्षांशाचा भाग त्या दोन रेखांशवृत्तांमध्यें आलेला आहे.



आकृति ३२ वी.

समक्ष = खत×को-भुजज्या खम.

∴ मध्यान्हवृत्तांतर=रेखांशांतर× मध्य अक्षांश को-भुजज्या.

म्हणजे थोडक्यांत म = र × मध्याक्षांश को-भुजज्या.

आतां ही सरणी सर्व ठिकाणीं लागू पडत नाहीं, तरी समुद्रावर खलाशी लोकांचें काम चालविण्यास ती पुरे आहे. अ आणि ई यांच्या दरम्यान एक तिसरें कोणचेंतरी अक्षांशवृत्त आहे. त्याचा उपयोग केल्यास गणित बरोबर येतें; खालील तीन स्थितींमध्यें हें तिसरें अक्षांशवृत्त बहुतेक मध्याक्षांशाशीं मिळतें. (तरी तें किंचित् ध्रुवाकडेच असतें.):—

(१) जेव्हां भूमध्यवृत्ताचे जवळ व त्याचे एकाच बाजूस हीं दोन स्थळें असतात तेव्हां—

(२) जेव्हां अक्षांशांतर थोडें असेल तेव्हां, व जेव्हां–

(३) गमनमार्ग ४५° अंशांहून मोठा असेल तेव्हां–

या तीन स्थितींमध्यें मध्याक्षांश नौकागमनाच्या रीतीनें केलेलें गणित बरोबर येतें. त्याचे उलट स्थिति असेल तेव्हां म्हणजे—

(१) ध्रुवाकडील अक्षांशावर व जेव्हां एक स्थल भूमध्यवृत्ताचे दक्षिणेस व दुसरें उत्तरेस असेल तेव्हां

(२) अक्षांशांतर फार असेल तेव्हां

(३) गमनमार्ग ४५° अंशापेक्षां कमी असेल, तेव्हां मध्य-अक्षांश नौकागमनाच्या रीतीचा उपयोग करूं नये. केल्यास त्यांत अधिक चूक होण्याचा संभव आहे. कारण मध्याक्षांश नौकागमनांत गृहित घेतलेली गोष्ट कीं, दोन स्थलांच्या मध्यान्हवृत्तामधील मध्यान्हांतर हें त्या दोन स्थलांमधील मध्य अक्षांशावर मापिलेल्या मध्यान्हांतराबरोबर असतें, ही यावरील तीन स्थितींत बरोबर लागू पडत नाहीं, म्हणून चूक होण्याचा संभव आहे.

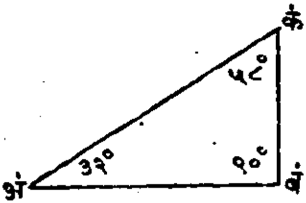
पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील कोणत्याही एका स्थळापासून एकादें गलबत दुसऱ्या स्थळापर्यंत मधील सर्व मध्यान्हवृत्तांशीं सारखाच कोन करून म्हणजे एकाच तिरप्या दिशेनें नेलें असतां त्याचें रेखांशगमन (डिपारचर) हें त्या स्थळांमधून जाणाऱ्या दोन रेखांशवृत्तांमधील (मध्यान्हवृत्तांमधील) त्या दोन स्थलांपासून जाणाऱ्या अक्षांशवृत्ताच्या मध्यअक्षांशावर मापिलेल्या अंतराबरोबर बहुतेक असतें. म्हणजे त्या गलबताचें रेखांशगमन (डिपारचर), हें त्या दोन स्थलांमधून जाणाऱ्या दोन अक्षांशवृत्तांच्या मध्यअक्षांशवृत्तांचा जो भाग, त्या दोन स्थलांपासून जाणाऱ्या दोन मध्यान्हवृत्तांमध्यें येतो, त्याच्या बहुतेक बरोबर असतें. तें अगदीं बरोबर नसतें त्याचें

कारण त्या दोन स्थलांमधून जाणाऱ्या मध्यान्हवृत्तांमधील त्या दोन स्थलांच्या अक्षांशवृत्तांचे कंस, व त्याच्या मध्य-अक्षांशवृत्तांचा कंस, हे जरी गणितप्रमाणांत असले,तरी त्यांच्या को-भुजज्या गणितप्रमाणांत असत नाहींत. (म्हणजे त्या दोन स्थलांच्या मध्यान्हवृत्तांमधील त्या स्थलांमधून जाणाऱ्या अक्षांशवृत्तांच्या दोन कंसांच्या बेरजेस दोहोंनीं भागून जो भागाकार येतो, तो जरी मध्य अक्षांशाच्या कंसांबरोबर असला तरी त्या दोन अक्षांश कंसांच्या दोन को-भुजज्यांच्या बेर-जेस दोहोंनीं भागिलें असतां तो भागाकार मध्यअक्षांश कंसाच्या को-भुजज्येबरोबर येत नाहीं.) तसेंच दोन मध्यान्हवृत्तांवरील दोन अक्षांशवृत्तांचे दोन कंस व त्याचे मध्य-अक्षांशवृत्तांचा (त्याच दोन मध्यान्ह वृत्तांमधील) कंस, हे सदोदित गणितप्रमाणांत नसतात. (कारण मध्यान्हवृत्तें या सरळ रेषा नाहींत, वर्तुलें आहेत) परंतु कधीं कधीं असतात,तथापि जेव्हां तीं दोन स्थळें भूमध्यरेषेजवळ असतात व त्यांमधून जाणारीं अक्षांशवृत्तें जवळ जवळ असतात तेव्हां मध्य-अक्षांशवृत्तांत गृहित घेतलेल्या गोष्टींपासून फार थोडी चूक येते व ती समुद्रावरील गणितांत चालण्यासारखी असते.

मध्य-अक्षांशगमनाच्या रीतीनें गणित करितांना विद्यार्थ्यानें उदा-हरणांत सांगितल्याप्रमाणें एक त्रिकोणाकृति काढावी व त्या त्रिको-णावरून उदाहरण सोडविण्याचे नियम लक्ष्यांत ठेवावे. नियम नुसते तोंडपाठ करून उपयोगीं नाहीं.

समांतर नौकागमनांत सांगितलें आहे कीं,

मध्यान्हांतर = रेखांशातर × अक्षांश को-भुजज्या. अबक या काटकोन त्रिकोनांत अब हें मध्यान्हवृत्तांतर समजा, व कअब कोन हा मध्याक्षांश कोन समजा. तर अक हें खरें रेखांशांतर होईल.



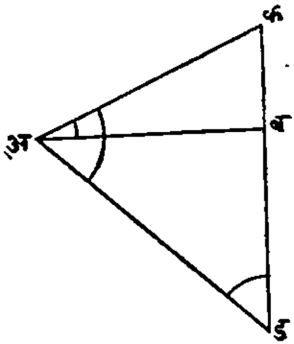
आकृति ३३ वी.

कारण त्रिकोनमितींतील व्याख्यांवरून
$\frac{\text{अब}}{\text{अक}}$=को-भुजज्या अ,

∴ अब=अक×को-भुजज्या अ, परंतु अब=मध्यवृत्तांतर आहे, व अ हा अक्षांश कोन आहे म्हणून अक हें रेखांशांतर झालें.

आतां या आकृतीशीं ३२ व्या आकृतींतील गमनमार्ग अई, व अक्षांशांतर, अइ; मध्यान्हांतर, मक्ष; हीं जोडून एक संयुक्त आकृति काढूं.

३२ व्या आकृतींतील गमनमार्ग अई हा या आकृतींत अडनें दाखविला आहे, असें समजा. व अक्षांशांतर अइ किंवा आई, हें यात डबनें दाखविलें आहे, तर अब हें अई या तिरप्या गमनमार्गाचें मध्यान्हांतर किंवा मध्य-अक्षांशवृत्तांवर मापिलेले रेखांशगमन (डिपारचर) बहुतेक मक्ष बरोबर होईल. म्हणजे तें मध्यअक्षांशांवर मापिलेल्या मध्यान्हवृत्तांतराबरोबर बहुतेक होईल. तसेंच क अब हा मध्याक्षांश मापणारा कोन समजला, तर अक हें खरें रेखांशांतर, खत बरोबर होईल.



आकृती ३४ वी.

आतां हें उघड आहे कीं, जर अड हें दोन स्थलांमधील अंतर आहे, डब हें त्याचें रेखांशांतर आहे, आणि ब अक कोन हा मध्याक्षांश दाखविणारा कोन आहे, तर बड अ हा गमनमार्ग होईल. अब

हें रेखांशगमन (डिपारचर) अथवा मध्याक्षांशावर मापिलेलें मध्यांतर व अक हें खरें रेखांशांतर बहुतेक बरोबर होईल हें उघड आहे.

याप्रमाणें मध्याक्षांश नौकागमन रीतीनें उदाहरणें सोडवितांना जी आकृति काढावी लागते ती दोन त्रिकोन मिळून झालेली असते; त्या दोहोंस एक बाजू साधारण असते; ती बाजू रेखांशगमन (डिपारचर) किंवा मध्यान्हांतर दाखविते; एक त्रिकोन सरळ पातळी नौकागमनाची रीति स्पष्ट करून दाखवितो, व दुसरी समांतर नौकागमनाची रीति उघड करून दाखवितों.

आतां या संयुक्त आकृतींतील (आ. ३४) अ ब क या काटकोन त्रिकोनांत $\frac{\text{अब}}{\text{अक}}$=को–भुजज्या क अ ब

∴ अब=अक×को-भुजज्या क अ ब.

म्हणजे रेखांशगमन (डिपारचर) अ० मध्यान्ह वृत्तांतर=

=खरें रेखांशांतर×मध्याक्षांश को-भुजज्या. (१)

फिरून $\frac{\text{अब}}{\text{डब}}$=स्पर्शरेषा अ ड ब (गमनमार्ग)

$$\therefore \text{गमनमार्गस्पर्शरेषा} = \frac{\text{खरें रेखांशांतर} \times \text{मध्याक्षांश को-भुजज्या}}{\text{अक्षांशांतर}} \quad (२)$$

क अ ड या विशाळकोन त्रिकोनांत

भुजज्या क : अड बाजू : : भुजज्या ड : अक बाजू

(कारण त्रिकोनाच्या बाजू, समोरील कोनाच्या भुजज्येच्या प्रमाणांत असतात) व क कोन क अ ब चा पूरक कोन आहे म्हणून

को-भुजज्या मध्याक्षांशः अंतर : : गमनमार्ग भुजज्याः खरें रेखांशातर.

∴ खरें रेखांशांतर=अंतर×गमनमार्ग भुजज्या×मध्याक्षांश छेदनरेषा.(३)

मध्याक्षांश नौकागमनरीतींतील सर्व उदाहरणें वरील तिन्ही प्रकारांपैकीं कोणच्या तरी एका समीकरणानें सोडवितां येतात. त्यांपैकीं (२) व (३) फार उपयोगी आहेत. या निरनिराळ्या रीति देण्याचा हेतु इतकाच आहे कीं, खरें रेखांशांतर होईल तितकें बरोबर यावें.

मध्याक्षांश नौकागमनाची रीति सर्वत्र सारखी लागू पडत नाहीं म्हणून मरकाटरनें शोधून काढिलेली रीति पुढील भागत दिली आहे ती बहुतकरून सर्वत्र सारखी लागू पडते. तथापि, मध्याक्षांश नौकागमनाची रीति खालीं दिलेल्या स्थितींत चांगली उपयोगी पडते व ह्या रीतीनें सोडविलेलीं उदाहरणें बहुतेक बरोबर येतातः--म्हणजे

(१) जेव्हां गलबत भूमध्य रेषेजवळून फार दूर जात नसेल तेव्हां,

(२) जेव्हां तें भूमध्य रेषा ओलांडून जात नसेल तेव्हां,

(३) जेव्हां गमनमार्ग बहुतेक पूर्व पश्चिम असेल तेव्हां म्ह. निदान गमनमार्ग ४५ अंशांपेक्षां आधीक असेल तेव्हां; मध्याक्षांश नौकागमन रीतीचा उपयोग करावा. बाकीच्या सर्व ठिकाणीं मरकाटरचे रीतीचा उपयोग करावा.

(१) दोन ठिकाणाच्या दिलेल्या अक्षांशरेखांशांवरून गमनमार्ग व अंतर काढणें.

उदाहरण.

खालीं दिलेल्या माहितीवरून केप निग्रोपासून केप सेन्ट राकपर्यंत होक्यावरील गमनमार्ग व अंतर काढा.

केप निग्रो द० अक्षांश १५°–५०′; पूर्व रेखांश ११°–३०′

केप सेन्ट राक द० अक्षांश ५°–१५′; पश्चिम रेखांश ३४°–३०′ होक्याचें चलन १९°–१० पश्चिमेस; विचलन ७°–५′ पश्चिमेस.

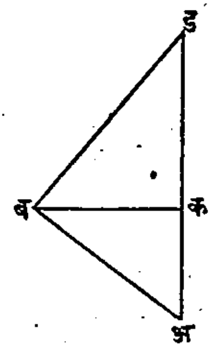
प्रथम अक्षांशांतर, रेखांशांतर, व मध्य अक्षांश काढा.

अक्षांशांतर.		मध्य अक्षांश.	
केप निग्रो द०अक्षांश	१५°–५०′	केप निग्रो अक्षांश	१५–५० द०
केप सेन्ट राक द०अक्षांश	५°–१५′	केप सेन्ट राक	५–१५ द०
अक्षांशांतर	१०°–३५′		२) २१°–५′
	=मैल ×६०+३५ / ६३५		१०°–३२½′
			९०–०
		को-मध्याक्षांश	७९°–२७½

रेखांशांतर

केप निग्रो पू० रेखांश ११°–३०′
केप सेन्ट राक प० रेखांश ३४ –३०
खरें रेखांशांतर ४६°–०=मैल २७६०.

आतां अ ब क हा एक काटकोन त्रिकोन करा; त्यांत अक अक्षांशांतर=६३५ मैल आहे असें समजा, व बक रेखांशागमन (डिपारचर) २७६० मैल आहे असें समजा. तर क अ ब कोन हा गमनमार्ग होईल.



आकृति ३५

∴ गमनमार्ग काढण्यास, स्पर्शरेषा क अ ब $= \frac{\text{बक}}{\text{अक}} = \frac{\text{रेखांशगमन}}{\text{अक्षांशांतर}}$ —(१)

आतां क ब ड हा मध्याक्षांशाएवढा (म्हणजे १०°–३२½′) कोन आहे असें समजा आणि ब क ड हा काटकोन त्रिकोन पुरा करा. बक हें मध्यान्हांतर (डिपारचर) क ब ड या मध्य अक्षांशावर आहे असें समजा. म=र×मध्याक्षांश को-भुजज्या (२) आहे, म्हणून ब क=र×मध्याक्षांश को-भुजज्या; ही ब क ची किंमत (१) समीकरणांत ठेवा.

∴ स्पर्शरेषा क अ ब $= \frac{\text{बक}}{\text{अक}} = \frac{\text{रेखांशगमन}}{\text{अशांशांतर}}$

$= \frac{\text{खरें रेखांशांतर} \times \text{मध्याक्षांश को-भुजज्या.}}{\text{अक्षांशांतर}}$

आतां २७६० मैल हें खरें रेखांशांतर दिलेलें आहे,

मध्याक्षांश कोन=१०°–३२½′ दिलेला आहे, व अक्षांशांतर

६३५ मैल दिलेलें आहे, त्यावरून लागर्थमिक–कोष्टकावरून अ कोनही निघेल.

खरें रेखांशांतर २७६० चे लागर्थम	३·४४०९०९
को-भुज-मध्याक्षांश (१०°–३२½′) चे लागर्थम	९·९९२६०८
बेरीज	१३·४३३५१७
उणे अक्षांशांतर ६३५ चे लागर्थम	२·८०२७७४
बाकी	१०·६३०७४३

कोष्टकावरून ७६°–५०′ ची स्पर्शरेषा=१०·६३०९०६ ही आहे म्हणून ७६°–५०′ हा गमनमार्ग होय.

अंतर काढण्यास,

$$\text{को—भुजज्या अ} = \frac{\text{अक}}{\text{अब}}$$

$$\therefore \text{अब} = \frac{\text{अक}}{\text{को—भुज.अ.}}$$

∴ अंतर=अक्षांशांतर×छेदनरेषागमनमार्ग.

अक्षांशांतर ६३५ मैल दिलें आहे व गमनमार्ग ७६°—५०′ हा काढिला आहे म्हणून लागर्थमचे कोष्टकावरून अंतर निघतें.

अक्षांशांतर ६३५ चे लागर्थम	....	२·८०२७७४
छेदनरेषागमनमार्ग (७६°—५०′) चे लाग.		१०·६४२४७६
बेरीज...	... .	१३·४४५२५०

मागील दशक काढून टाकून आलेल्या लागर्थमवरून संख्या २७८८ येते तें अंतर होय.

होक्यावरील गमनमार्ग काढण्यास,

खरा गमनमार्ग उ० ७६°—५०′ पश्चिमेस		७६°—५०′ उ० डा०
चलन १९°—१०′ } विचलन ७°—१५′ }		२६—२५′ उ० उ०
	उत्तरेक०	५०°—२५′ पश्चिमेस.

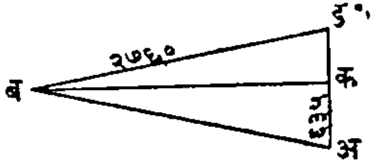
∴ होक्यावरील गमनमार्ग उ० ५०°—२५′ पश्चिमेस व अंतर २७८८ मैल हें उत्तर.

आकृतीवरून:—

मागील उदाहरणांतील आकृति बरोबर स्केलानें (प्रमाणपट्टीनें) काढिली तर वरील उत्तरें आकृतीवरून स्केलानें मापूनही काढितां येतात.

ड अ हें केप निग्रोमधून जाणारें मध्यान्हवृत्त आहे असें समजा.

अड रेषेंत ड बिंदूशीं अ ड ब कोन को-मध्याक्षांश (७९°–२७३) एवढा करून घ्या; ड ब खरें रेखांशांतर २७६० मैल बरोबर स्केलानें करा, ब बिंदूपासून अडवर बक लंब काढा. व, कअ ही अक्षांशांतर ६३५ मैल बरोबर त्याच स्केलानें करा, व अब जोडा; म्हणजे क अ ब हा गमनमार्ग कोन ७६°–५०′ भरेल, व अब अंतर स्केलानें २७८८ मैल भरेल.



आकृति ३६.

यावरून होक्यावरील गमनमार्ग चलन व विचलन लावून मागें सांगितल्याप्रमाणें काढावा.

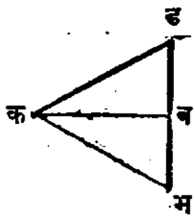
(२) निघाल्या ठिकाणचे अक्षांश व रेखांश दिले आहेत व खरा गमनमार्ग आणि अंतर हीं दिलीं आहेत, त्यांवरून पोहोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश व रेखांश काढा.

उदाहरण.

एक गलबत उत्तर अक्षांश ५२°–६′ व पश्चिम रेखांश ३५°–६ वरून निघालें तें N W By W या दिशेनें २२९ मैल गेलें, तर तें पोहोंचलें त्या ठिकाणचे अक्षांश–रेखांश काढा.

(अ) आकृतीवरून.

अ ड ही एक रेखांशवृत्त दाखविणारी रेषा काढा, ड अ च्या अ बिंदूशीं गमनमार्गकोन ५ बिंदु किंवा ५ खंड एवढा, ड अ क, हा कोन करून घ्या, व अक अंतर हें २२९ मैलांबरोबर स्केलानें करा; क बिंदूपासून अडवर कब लंब काढा; म्हणजे बक रेखांशगमन (डिपारचर) हें १९० मैल भरेल व अब अक्षांशांतर हें १२७ मैल भरेल.



आकृति ३७.

म्हणून पोहोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश ५४°-१३ हे आहेत.

व मध्याक्षांश, ५२°—६' / ५४°-१३' } = (१०६°-१९) / २ = ५३°-९'-३०"

आतां ब क च्या क बिंदूशीं ब क ड कोन हा मध्याक्षांश ५३°-९½' एवढा करा म्हणजे कड हें खरें रेखांशांतर येईल व तें ३१७ मैल भरेल.

(आ) गणितानें

अक्षांशांतर काढण्यास,

को-भुजज्या-गमनमार्ग = अक्षांशांतर / अंतर

∴ अक्षांशांतर=अंतर×को-भुजज्या-गमनमार्ग.

अक्षांशांतरचे लागर्थम=अंतरचे लागर्थम+को-भुजज्या गमनमार्गाचे लागर्थम

अंतर २२९ चे लाग.————२·३५९८३५

गमनमार्ग ५×११¼°

=५६°-१५'=

∴ लाग. को-भुज (५६°–१५)= $\frac{\text{९·७४४७३९}}{\text{१२·१०४५७४}}$
बेरीज

∴लागर्थम कोष्टकावरून अक्षांशांतर १२७·२ मैल.

रेखांशांतर काढण्यास—(आ. ३७ पहा).

छेदनरेषा ड क ब= $\frac{\text{कड}}{\text{कब}}$ = $\frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{रेखांशगमन}}$ = $\frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{मध्यान्हांतर(डिपारचर)}}$ =मध्या-
= मध्याक्षांशछेदनरेषा.

∴ रेखांशांतर=मध्यान्हांतर× मध्याक्षांश छेदनरेषा—(१)

व $\frac{\text{मध्यान्हांतर (डिपारचर)}}{\text{अंतर}}$ =गमनमार्गभुजज्या–(२)

∴ मध्यान्हांतर=अंतर×गमनमार्गभुजज्या (५३°–९′–३०″)

म्हणून रेखांशांतर=अंतरगमनमार्गभुजज्या×मध्यांक्षांश छेदनरेषा(३),

लागरथमाचे रीतीप्रमाणें

रेखांशांतराचे लागर्थम=अंतरचे लाग०+लागर्थमिक गमनमार्गभुजज्या.

+लाग. मध्यांक्षांश छेदनरेषा.

अंतर २२१ चे लाग————— २·३५९८३५
भुजज्या गमनमार्ग (५६°–१५′)चे लाग.— ९·९१९८४६
लागर्थमिक छेदनरेषा मध्याक्षांश (५३°–′९) १०·२२२०५०
रेखांशांतराचें लागर्थम————— २·५०१७३१

त्यावरून कोष्टकांतून रेखांश ३१७·९ आलें.

आतां पोहोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश काढण्यास;

निघाल्या ठिकाणचे अक्षांश————————५२°–६′ उत्तर.
अक्षांशांतर १२७ मैल———————— २°–७′ उत्तर.
पोहोंचल्या ठिकाणचे अक्षांश————५४°–१३–०
निघाल्या ठिकाणचे अक्षांश ५२ –६ –०
बेरीज ÷ २ २) १०६–१९
=मध्याक्षांश .... ५३°-९′-३०′
९०——०
कोमध्याक्षांश ३६°-५०′३०
—५०°–३०

पोहोंचल्या ठिकाणचे रेखांश काढण्यास
निघाल्या ठिकाणचे रेखांश ३५°–६′ पश्चिम.
रेखांशांतर (३१७-५) मैल= ५°–१७°·५ पश्चिम.
पोहोंचल्या ठिकाणचे रेखांश ४०°–२३′–३०°

(ई) आतां हेंच उदाहरण ट्राव्हर्स कोष्टकावरून मागें सरल पातळींत सरलैकरेषा नौकागमनाचे रीतींत सांगितल्याप्रमाणें करितां येईल. तें असेंः—गमनमार्ग ५ खंड म्हणजे ५६°–१५′ दिलेला आहे म्हणून ५ खंडाचें पान काढा (५ खंड हें कोष्टकांत पानाच्या खालचे बाजूस पहावें.) त्यांत अंतर २२९ याचेसमोर अक्षांशांतर १२७·२ सांपडेल व रेखांशांतर (डिपारचर) १९०-४ सांपडेल. आतां कोमध्याक्षांश ३७° चें पान ट्राव्हर्स कोष्टकांतून काढा व त्यांत रेखांशगमनाचे (डिपारचरचे) सदराखालीं १९०·४ हा अंक

पहा म्हणजे त्याचे मागें अंतर या सदरांत २१६ हा अंक सांपडेल तें खरें रेखांशांतर होय. तें निघाल्या ठिकाणचे रेखांशांत मिळविण्यास

३५°–६′ } पोहोंचल्या ठिकाणचे पश्चिम रेखांश हे
५°–१६ } येतात.

रेखांश ४०°–२२

व अक्षांश ५२–६ } =५४°–१३ उत्तर. हे येतात.
२–७ }

भाग ११ वा.

मरकॉटरचें नौकागमन.

मध्याक्षांश नौकागमनांत जे नियम दिले आहेत ते कित्येक ठिकाणीं उपयोगीं पडत नाहींत असें मागें सांगितलें आहे. आतां जे नौकागमनाचे नियम देऊं ते बहुतेक सर्वत्र उपयोगीं पडतील असे आहेत. मरकॉटरच्या नौकागमन रीतीनें गमनमार्गकोन, अंतर, व रेखांशांतर काढण्याच्या ज्या सरण्या दिलेल्या आहेत त्या बहुतेक बरोबर आहेत असें म्हटलें तरी चालेल. त्या जरी अगदीं तंतोतंत बरोबर नाहींत. तरी त्यावरून केलेलें गणीत समुद्रावरील खलाशी लोकांचे कामास उपयोगीं पडेल इतकें तें बरोबर येतें यांत संशय नाहीं. **मरकॉटरचें नौकागमन** म्हणजे मरकॉटरनें जीं मतें किंवा तत्त्वें स्थापित केलीं आहेत त्यांवरून गणित करून कोणत्याही गलबताचें अंतर, गमनमार्ग (कोन) व गलबताचे अक्षांश व रेखांश नक्की करण्याची रीति होय.

अक्षांशवृत्तें, रेखांशवृत्तें, आणि गलबताचे तिरपे गमनमार्ग हीं सर्व नकाशावर सरळ रेषांनीं कशीं दाखवावीं हें प्रथमतः मरकॉटरनें शिकविलें, तरी तीं गणितशास्त्राप्रमाणें अगदीं बरोबर नकाशावर कशीं काढावीं हें प्रथम दाखविण्याचा मान एडवर्ड रिट नांवाच्या इंग्रजास देणें योग्य आहे. मरकॉटरच्या नकाशांत सर्व मध्यान्हवृत्तें (याम्योत्तरवृत्तें) अथवा रेखांशवृत्तें हीं एकमेकांशीं समांतर काढि-

तात; त्यामुळें भूमध्यरेषेवर मात्र त्यांच्या परस्परांमधील अंतरें खरीं असतात; दुसऱ्या कोठेंही तीं बरोबर नसतात. भूमध्यरेषेपासून जसजसें दूर जावें तसतसा त्यांच्यामधील अंतरांत व खऱ्या अंतरांत अधिक अधिक फेर पडत जातो. म्हणजे भूमध्यरेषेपासून जसजसें उत्तरेकडे अथवा दक्षिणेकडे जावें तसतसें मध्यान्हवृत्तामधील अंतर खऱ्या अंतरापेक्षां मरकॉटरचे नकाशावर अधिक अधिक वाढत जातें; याचें कारण सर्व मध्यान्हवृत्तें (अथवा रेखांशवृत्तें) जीं ध्रुवाशीं एके बिंदूंत मिळावयाचीं तीं मरकॉटरचे नकाशावर समांतर काढितात व प्रत्येक अक्षांशवृत्त भूमध्यवृत्ताएवढें आहे असें मानितात; म्हणजे प्रत्येक अक्षांशवृत्ताची लांबी, जसजसें तें भूमध्यवृत्तापासून दूर दूर असेल तसतशी अधिक अधिक वाढत जाते. आतां अक्षांशवृत्तें व रेखांशवृत्तें याच्या अंशकलेच्या लांबीमधील प्रमाण सारखेंच रहावें म्हणून जशी अक्षांशवृत्तांच्या अंशकलेची लांबी वाढली तशी रेखांशवृत्तांच्या अंशकलेचीही लांबी त्याच्या अक्षांशाच्या प्रमाणानें वाढविली पाहिजे, म्हणजे त्यांच्यामधील अंतराचें प्रमाण सारखेंच राहील. म्हणून मरकॉटरचे नकाशावर कोणत्याही दोन अक्षांशवृत्तांमधील अंतर, जें रेखांशवृत्तावर मापितात, तें तीं दोन अक्षांशवृत्तें, भूमध्यरेषेपासून जसजशीं दूर असतील तसतसें अधिक अधिक होतें.

समांतर नौकागमनांत दाखविलें आहे कीं,

मध्यान्हांतर=रेखांशांतर × अक्षांशको-भुजज्या.

∴ रेखांशांतर =मध्यान्हांतर× अक्षांशछेदनरेषा.

यावरून हें उघड आहे कीं, आपण मरकॉटरचें मध्यान्हांतर हें खऱ्या रेखांशांबरोबर करितों म्हणजे प्रत्येक अक्षांशवृत्त-भूमध्यरेषे-बरोबर करितों, म्हणजे आपण अक्षांशाच्या छेदनरेषेच्या प्रमाणानें

मध्यान्हांतर वाढवितों, व सर्व मध्यान्हवृत्तें एकमेकांशीं समांतर करितों. आतां मध्यान्हवृत्तें एकमेकांशीं समांतर काढिलीं असतां रेखांशाच्या प्रत्येक अंशकलेची लांबी त्यांच्या अक्षांशाच्या छेदनरेषेच्या प्रमाणानें वाढिली जाते (म्हणून तीं सर्व ठिकाणीं सारखीच भरते) व रेखांश आणि अक्षांश यांच्या लांबीमध्यें सारखेंच प्रमाण राहावें म्हणून रेखांशवृत्तावर मापले जाणाऱ्या अक्षांशाच्या प्रत्येक अंशकलेची लांबीही त्याचप्रमाणानें (म्हणजे अक्षांशांच्या छेदनरेषेच्या प्रमाणानें) वाढविली पाहिजे. म्हणून भूमध्यरेषेपासून उत्तरेस अगर दक्षिणेस अक्षांशाचा एक मैल (जो एक कलेबरोबर असतो) हा १′ × छेदनरेषा १′ यानें दाखविला जातो.
दुसरा मैल—१′ × छेदनरेषा २′ यानें दाखविला जातो.
तिसरा मैल—१′ × छेदनरेषा ३′ यानें दाखविला जातो.

व नवा मैल १′ × छेदनरेषा न′ यानें दाखविला जाईल. वरील रकमांची बेरीज =१′(छेदनरेषा १′+ छेदनरेषा २′+ + न रकमांपर्यंत.) म्हणून भूमध्यरेषेपासून न′ (न कला) इतके अंतरावर असणाऱ्या अक्षांशवृत्ताचे मरकॉटरचे नकाशावरील भूमध्यरेषेपासून अंतर काढण्यास छेदनरेषा १′ + छेदनरेषा २′ + छेदनरेषा ३′ + इ० इ० न रकमेपर्यंत, यांच्या बेरजेस १′ कलेनें गुणलें पाहिजे, व येईल तें त्या नव्या कलेचें मरकॉटरचे नकाशावर भूमध्यरेषेपासून अंतर होईल. याप्रमाणें मध्यान्हवृत्तें वाढविलेलीं आहेत व त्यांस मध्यान्हवृत्तांचे वाढविलेले भाग (मैल) असें म्हणतात. त्यांचें कोष्टक नाविक कोष्टकांत निराळें दिलेलें असतें तें मैलांत दिलेलें असतें. मध्यान्हवृत्ताचे वाढविलेले भाग (मैल) काढण्याची ही रीति खरें पाहूं जातां अगदीं तंतोतंत बरोबर नाहीं. कारण पृथ्वी पूर्ण गोलाकार नाहीं. ध्रुवाकडे किंचित्

चपटी झालेली आहे, त्यामुळें मध्यान्हवृत्तावर मापलेल्या ध्रुवाकडील प्रत्येक अंशाची लांबी किंचित् अधिक होत जाते, परंतु त्यामुळें, ज्या अक्षांशापर्यंत गलबतें चालविणें शक्य आहे, त्या अक्षांशाच्या वाढविलेल्या भागांत (मैलांत) म्हणण्यासारखा फेर पडत नाहीं.

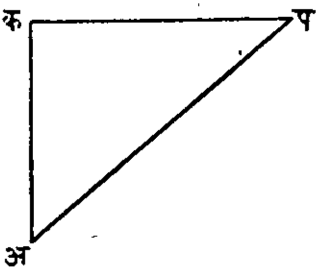
विशेष स्पष्टीकरणार्थ मरकॉटरचें मत उघड करून सांगूं:— भूमध्यरेषेवर अक्षांशाच्या एका अंशाची लांबी रेखांशांच्या एका अंशाच्या लांबीबरोबर असते, परंतु जसजसें आपण भूमध्यरेषेपासून दूरदूर जातों व ध्रुवाच्या जवळ जवळ येतों, तसतशी रेखांशवृत्ताच्या प्रत्येक अंशाची लांबी कमी कमी होत जाते, परंतु अक्षांशवृत्ताच्या प्रत्येक अंशाची लांबी (पृथ्वी पूर्ण गोल आहे असें मानलें तर) सारखीच राहते. आतां पृथ्वीचा हा गोल आकार सरळ पातळीनें दाखविण्याकरितां मरकॉटरनें पृथ्वीचा आकार पंचपात्राप्रमाणें (सिलेंडरप्रमाणें) मानिला व त्याचा परिघ भूमध्यवृत्ताएवढाच ठेवला व सर्व अक्षांशवृत्तें भूमध्यवृत्ताएवढीं केलीं. उत्तर व दक्षिण ध्रुव जे बिंदु आहेत ते सुद्धां भूमध्यवृत्ताएवढीं वर्तुलें आहेत असें मानिलें. एवढेंच मानून तो थांबला नाहीं; तर आपल्या या विचारास खरें गणिताचें प्रमाण दाखवून त्यानें त्या पंचपात्राची लांबीही वाढविली; ती पृथ्वीच्या दोन ध्रुवांमधील अंसापेक्षां पुष्कळच वाढविली, व ती किती मैलांनीं वाढविली त्याचें एक कोष्टक तयार केलें. आतां अशी कल्पना करा कीं त्यानें या पंचपात्राभोंवतीं एक कागद गुंडाळून चिकटाविला व त्या पंचपात्राच्या दोन्ही टोंकांस कागद लाविला नाहीं, तीं तशींच खुलीं ठेविलीं. या पंचपात्राच्या मध्यभागीं त्या कागदावर एक भूमध्यवृत्त काढिलें व त्यांशीं समांतर परंतु १′ (छेदनरेषा १′+ छेदनरेषा र २′++) अशा बरोबर गणित करून

काढिलेल्या निरनिराळ्या अंतरावर, दुसरीं अक्षांशवृत्तें काढिलीं, तीं थेट दोन्ही ध्रुवांच्या जवळ जवळ जाईतोंपर्यंत काढिलीं. आतां या वृत्तांशीं काटकोन करून एकमेकांपासून सारख्याच अंतरानें व समांतर अशीं रेखांशवृत्तें काढिलीं व त्या कागदावर पृथ्वीची आकृति पुरी करून एका सोयीवार रेखांशावर, (कीं ज्यावर कापिलें असतां जमिनीचा फारसा भाग कापला जाणार नाहीं) म्हणजे २० व्या अगर दुसऱ्या एकाद्या रेखांशावर तो कागद कापिला व पंचपालापासून सुटा करून एका सरळ फळीवर पसरला. हा मरकॉटरचे मताप्रमाणें पृथ्वीचा नकाशा झाला. आपण पुष्कळ ठिकाणीं पृथ्वीचा नकाशा (दोन गोलार्धांनीं न दाखवितां) चौरस आकाराचा पाहतों तो याच मरकॉटरचे मताप्रमाणें काढिलेला असतो. आतां हें उघड आहे कीं हा नकाशा फक्त भूमध्यवृत्ताजवळ मात्र कांहींसा खरा असतो इतर सर्व ठिकाणीं तो बराच वाढत्या प्रमाणावर काढिलेला असतो व ध्रुवाकडे हें प्रमाण फारच वाढलें जातें; त्यामुळें ग्रीनलंड वगैरे प्रदेश यावर फार मोठे दिसतात. आतां तो कोणत्या प्रमाणांत वाढविलेला असतो तें वर सांगितलेंच आहे. त्या प्रमाणाचें कोष्टक मैलांत मध्यान्हवृत्ताचे वाढविलेले भाग (मडीडिनलपार्टस) म्हणून नाविक कोष्टकांत दिलेलें असतें. (व त्या वाढविलेल्या कळांचें स्केल नकाशाच्या बाजूवर दाखविलेलें असतें. त्या प्रत्येक कलेची लांबी एक मैल धरावी व अंशाची लांबी साठ मैल धरावी.) याप्रमाणें मरकॉटरच्या मताप्रमाणें पृथ्वीचा नकाशा सरळ पातळीवर काढिलेला असतो. सरळ पातळी नौकागमनांत पृथ्वीचा थोडथोडा भाग हा सरळ पातळी आहे असें मानून गणित केलेलें असतें, परंतु तसें मानण्यानें किती चूक होते याचा विचार

त्यांत केला जात नाहीं. मरकॉटरचे मतानें पृथ्वीचा नकाशा एका सरळ पातळीवर काढून तो तसा काढल्यामुळें किती चूक होते, त्याची कोष्टकावर बरोबर नोंद केलेली असते, व त्यावरून खरें अंतर काढतां येतें. या नकाशांत मुख्य तत्त्व हेंच आहे कीं रेखांश-वृत्तें समांतर करण्यास निरनिराळ्या अक्षांशांवर ज्या प्रमाणानें रेखांशाच्या प्रत्येक कलेची लांबी वाढली जाते, त्याचप्रमाणानें त्या अक्षांशावरील प्रत्येक अक्षांशवृत्ताच्या कलेचीही लांबी वाढवावी लागते, तरच अक्षांश व रेखांश यांच्या लांबीमध्यें सारखें प्रमाण राहतें. प्रत्येक अक्षांशाच्या कलेची लांबी वाढविली म्हणजे मध्यान्हवृत्ताची लांबी त्याचप्रमाणानें वाढते; म्हणून प्रत्येक अक्षांशावरील अक्षांशाच्या व रेखांशाच्या प्रत्येक कलेची लांबी सारख्याच प्रमाणानें वाढते व त्या वाढविलेल्या प्रत्येक कलेची लांबी मैलांमध्यें एका कोष्टकांत दिलेली असते. हें कोष्टक अक्षांश व रेखांश या दोहोंच्याही प्रत्येक कलेची भूमध्यरेषेपासून निरनिराळ्या अंतरावरील (म्हणजे निरनिराळ्या अक्षांशावरील) वाढविलेली लांबी मैलांत दाखविते व त्यावरून खरी लांबी काढितां येते. नकाशावरही मैलांचें प्रमाण दिलेलें असतें म्हणजे प्रत्येक कला, ती आकारानें मोठी असली तरी, एक मैल धरितात. व प्रत्येक अंश ६० मैलांचा धरितात, व त्या कला आणि अंश हीं नकाशाच्या बाजूवर दाखविलेलीं असतात. त्या कलांची लांबी (एकाच नकाशांत) सर्व ठिकाणीं सारखी नसते, म्हणून ज्या अक्षांशावर आपण अंतर पहातों त्याच अक्षांशावर त्या नकाशाच्या बाजूवर ज्या कला दाखविलेल्या असतील त्यावरच अंतर मोजावें, व जितक्या कला तितके मैल, व प्रत्येक अंशाचे ६० मैल धरावे. एका इंचास ५०० मैल किंवा

६०० मैल असें सर्व ठिकाणीं सारखे लागू पडणारें स्केल या नकाशावर नसतें. त्याच्या प्रत्येक कलेची लांबी कोष्टकाप्रमाणें वाढवून काढिलेली असते व ती कला नकाशाच्याच बाजूवर दाखविलेली असते. हें मरकॉटरचें तत्त्व आपलेकडील कित्येक विद्वान् लोकांसही माहीत नसल्यामुळें विशेष स्पष्ट करून दाखविलें आहे. तें तो नकाशा समजण्यास सर्वांस उपयोगी पडेल असें आहे.

आतां असें समजा कीं एक गलबत अ ठिकाणापासून तिरप्या दिशेनें प ठिकाणीं गेलें (आकृती ३९ पहा) पृथ्वीच्या गोलावर हें अंतर बरोबर अप रेषेनें दाखवितां आलें असतें. व त्याचें अक्षांशांतर अक रेषेनें दाखविलें जातें व रेखांशांतर कप रेषेनें दाखविलें जातें.

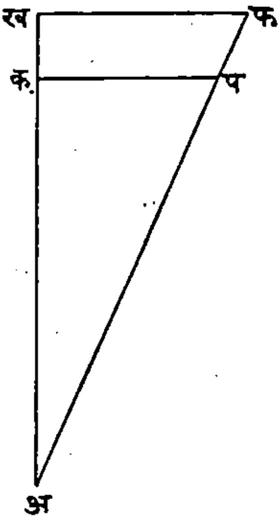


आकृति ३९.

आतां मरकॉटरचे नकाशावर ह्या अ क प त्रिकोणाशीं समकोन त्रिकोण कसा काढावा हें दाखवूं. ज्या अर्थीं मरकॉटरचे नकाशावर अक्षांश व रेखांश हे सारख्याच प्रमाणानें वाढवून दाखविलेले असतात, त्या अर्थीं अक्षांशाचे १८०° अंश (म्हणजे भूमध्यरेषेपासून उत्तरेस ९०° व दक्षिणेस ९०°) व रेखांशाचे ३६० अंश हे गोलावर दाखविण्यास जी जागा लागते, त्याहून पुष्कळ अधिक जागा मरकॉटरचे नकाशावर तितकेच अक्षांश व रेखांश दाखविण्यास लागते. म्हणून गोलावर अक्षांशांतर दाखविणारी रेघ, ही मरकॉटरचे नकाशावर तेंच अंतर दाखविणाऱ्या रेघेपेक्षां लहान

असते. तसेंच भू-गोलावरील मध्यान्हांतर (किंवा रेखांशगमन अ० डिपारचर) दाखविणारी रेघ ही मरकॉटरच्या नकाशावर तेंच रेखांशांतर दाखविण्यास वाढवावी लागते. कारण, गोलावर भूमध्य-रेषेवरील रेखांशाच्या प्रत्येक अंशाची मैलांत जी लांबी असते, तिजहून ध्रुवाकडील कोणत्याही अक्षांशावरील रेखांशाच्या प्रत्येक अंशाची लांबी कमी असते; व मरकॉटरचे नकाशांत पृथ्वीवरील कोणत्याही अक्षांशावर रेखांशाच्या प्रत्येक अंशाची मैलांत लांबी सारखीच असते; म्हणजे भूमध्यवृत्तावर रेखांशाच्या प्रत्येक अंशाची जी लांबी मैलांत असते तीच ध्रुवाकडील पाहिजे त्या अक्षांशावर असते, म्हणून भूमध्यवृत्ताशिवाय दुसऱ्या कोणत्याही अक्षांशावर गोलावरील रेखांशांतर दाखविणारी रेषा, मरकॉटरचे नकाशावर तेंच रेखांशांतर दाखविण्यास वाढवावी लागते. म्हणजे गोलावरील मध्या-न्हांतर (डिपारचर) हें मरकॉटरचे नकाशावर सर्व ठिकाणीं खऱ्या रेखांशांतरानें दाखविलेलें असतें. म्हणून हें उघड आहे कीं मरकॉ-टरचे नकाशावरील कोणत्याही तिरप्या दिशेंत असणाऱ्या दोन स्थलमधील अंतर, हें गोलावरील त्याच दोन स्थलांमधील अंतरा-पेक्षां अधिक भरतें, कारण पृथ्वीचा सर्व पृष्ठभाग मरकॉटरचे मता-प्रमाणें सरळ पातळीवर दाखविण्यास जी जागा लागते ती गोलाच्या पृष्ठभागापेक्षां पुष्कळ अधिक असते.

आकृति ४० मध्यें मरकॉटरच्या नकाशावरील पृथ्वीचा कांहीं भाग दाखविला आहे असें समजा. यांत अ क ख हा मध्यान्हवृत्ताचा कंस आहे, व अ प, हें एका गलबतानें क्रमिलेलें अंतर आहे, कप हें प मधून जाणारें एक समांतर अक्षांशवृत्त आहे असें समजा. तर क अ प हा गलबताचा गमनमार्गकोन होईल, अ क हें गलबताचें खरें अक्षांशांतर होईल, क प हें मध्यान्हांतर होईल. अ ख, हें अ क या खऱ्या अक्षांशांतराचें वाढविलेलें (मध्यान्हवृत्त-) भाग आहेत असें समजा. ख फ ही रेघ ख बिंदूपासून क प ला समांतर काढून तीं अ प वाढवून तिला फ बिंदूमध्यें मिळवा, म्हणजे अ, ख, फ, हा त्रिकोन पुरा होईल.



आकृति ४०.

आतां ख फ हें जर खरें रेखांशांतर आहे, तर प फ जोडिले असतां अ प आणि प फ हीं एकाच सरळ रेषेंत येतील हें सिद्ध करितां येईल. म्हणूनः—

अ ख=अक्षांशांतराचे वाढविलेले मध्यान्हवृत्ताचे भाग.

अ क=खरें अक्षांशांतर.

क प=मध्यांन्हांतर किंवा मध्यान्हवृत्तांतर.

ख फ=खरें रेखाशांतर.

$$\text{गमनमार्ग-स्पर्शरेषा}=\frac{\text{ख फ}}{\text{अ ख}}=\frac{\text{खरें रेखांशांतर}}{\text{अक्षांतराचे वाढविलेले मध्यान्हवृत्तभाग}} \quad (1)$$

∴ खरें रेखांशांतर=अक्षांतराचे वाढविलेले मध्यान्हवृत्तभाग×गमनमार्ग-
—स्पर्शरेषा (२)

यावरून गमनमार्ग निघतो, व गमनमार्ग-कोन निघाल्यावर खरें अंतर काढण्यास खऱ्या अक्षांशांतराचा उपयोग करावा.

म्हणजे, को-भुजगमनमार्ग क अ प$=\frac{\text{अ क}}{\text{अ प}}=\frac{\text{अक्षांशांतर.}}{\text{अंतर.}}$

∴ अंतर=अक्षांशांतर×गमनमार्ग छेदनरेषा........ (३).

मरकॉटरचे नौकागमनाचे सर्व हिशोब या तीन नियमांवरून करितां येतात.

उदाहरण.

तारीख १२ मार्च रोजीं संध्याकाळीं ५ वाजून ३० मिनिटांनीं एक गलबत सेन्ट आन्सहेड (उत्तरअक्षांश ५१°–४१′; व पश्चिम रेखांश ५°–९′); येथून लांडस् एन्ड-(उत्तर अक्षांश ५०°–४′ व पश्चिम रेखांश ५°–४२′) कडे जाण्यास निघालें. तर त्या गलबतावरील कंपासचे कोणत्या दिशेनें तें गलबत चालवावें ? गलबतावरील कंपासचें चलन २३° पश्चिमेस आहे व विचलन ३° पश्चिमेकडे आहे, व निवाऱ्याकडे जाण्याचा कोन ¾ खंड ¼ (दिग्बिंदु) एवढा आहे, वारा E.S.E. या दिशेनें वाहतो आहे तर तें ¾ गलबत दर तासास १० गाठी (मैल) चाललें असतां, लान्डस एन्डला केव्हां पोंचेल व त्यास किती अंतर जावें लागेल तें सांगा.

आतां,	अक्षांशांतर	मध्यान्हवृत्ताचे वाढविलेले भाग.	रेखांशांतर.
सेंट आंन्सहेड	५१°–४१'	उ. अ. ३६३४	प. रे. ५°–९'
लान्डस् एन्ड	५०°–४'	उ. अ. ३४८१	प. रे. ५°–४२
खरें अक्षांशांतर	१°– ३७'	उ.अ. १५३ भा.	प. रे ० –३३.

१°×६० + ३७=९७ मैल, व र=३३ मैल.

गमनमार्ग काढण्यास:—

स्पर्श रेषा ख अ भ = ख भ / अ ख

स्पर्शरेषागमनमार्ग= खरें रेखांशांतर. / वाढविलेलें अक्षांशांतर.

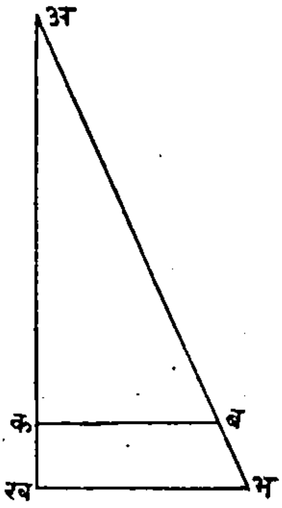
— घातांक ३३ खरें रेखांशांतर (+१०)=११-५१८५१४

घातांक १५३ वाढविलेलें अक्षांशांतर=२-१८४६९१

(वाढा) ९-३३३८२३

घातांक स्पर्श रेषा (१२°–१०½')

अंतर काढण्यास:—



आकृति ४१.

को-भुजज्या क अ ब = अ क / अ ब = खरें अक्षांशांतर. / अंतर.

∴ अंतर = खरें अक्षांशांतर × गमनमार्ग छेदनरेषा.

घातांक ९७ अक्षांशांतर खरें———————— १.९८६७७२

घातांक छेदनरेषा (१२°—१०½′) गमनमार्ग १०.००९८८०

घातांक ९९.२३ मैल अंतर. ११.९९६६५२

होक्यावरील गमनमार्ग काढण्यासः—

खरा गमनमार्ग .... १२°—१०′—३०″ द०उजवेकडे.

होक्याची एकंदर चूक (२३°+३°)२६°— ०— ० द०उजवेकडे.

३८°—१०—३०″ द० उ०

निवाऱ्याकडील कोन $\frac{११°—१५′}{४}$ = २—४८′—४५″ द० डावीकडे.

३५°—२१′—४५″ द. उ.पश्चिम.

∴होक्यावरील गमनमार्ग दक्षिणेकडून ३५°—२१′—४५″ पश्चिमेस.

पोंचण्याची वेळ काढण्यासः—

$\frac{९९.२३}{१०} = \frac{\text{अंतर}}{\text{वेग}}$ = ९.९२३ तास.

= ९ तास ५५ मिनिटें २३ सेकंद.

क. मि. से.

निघण्याची वेळ तारीख १२ मार्च ५—२०—० संध्याकाळ.

जाण्यास लागलेली वेळ ९—५५—२३ से.

पोंचण्याची वेळ १२ मार्च, १५क.—१५मि.—२३ से.

म्हणजे ता० १३ मार्च, ३—१५—२३ सकाळीं किंवा पहांटेस.

आतां हें उदाहरण कसें केलें तें सांगूं:—

१ ज्या ठिकाणाहून गलबत निघालें व ज्या ठिकाणीं पोहोंचलें त्या दोन्ही ठिकाणांचे अक्षांश एकाखालीं एक लिहावे व त्यांचें

अक्षांशांतर काढावें; तसेंच त्या दोहों ठिकाणाचे रेखांश एकाखालीं एक लिहून त्यांचें रेखांशांतर काढावें; व त्याचप्रमाणें त्या दोन्ही ठिकाणांच्या अक्षांशांचे समोर त्यांचे मध्यान्हवृत्तांचे वाढविलेले भाग (मरीडिओनलपार्टस्) कोष्टकांतून पाहून लिहावे व त्यांचेंही अंतर काढावें.

(अ) अक्षांशांतर काढतांना दोन्ही अक्षांश सजातीय म्हणजे उत्तर, उत्तर, किंवा दक्षिण, दक्षिण, असले तर त्यांची वजाबाकी करावी; परंतु ते विजातीय असले तर, म्हणजे एक उत्तर अक्षांश व एक दक्षिण अक्षांश असे असले तर, त्यांची बेरीज करावी म्हणजे येईल तें अक्षांशांतर होईल.

(आ) खरें अक्षांशांतर जर खरे अक्षांश मिळवून काढिलें असेल तर त्यांच्या वाढविलेल्या भागांचीही बेरीज घेऊन त्यांचें अक्षांशांतर काढावें व जर खरे अक्षांशांची वजाबाकी करावी लागली तर त्यांचे वाढविलेल्या भागांचीही वजाबाकी करावी.

२ गमनमार्ग काढण्यास:—पहिलें समीकरण.

$$\text{गमनमार्गस्पर्शरेषा} = \frac{\text{रेखांशांतर}}{\text{अक्षांशांतराचे वाढविलेले मध्यान्हवृत्ताचे भाग.}} \quad (१)$$

याचा उपयोग लागर्थमाचे रीतीनें करावा; म्हणजे रेखांशांतराच्या घातांकांतून १० मिळवून, त्यांतून वाढविलेल्या मध्यान्हवृत्ताचे भागांचा घातांक वजा करावा, बाकी राहील तो गमनमार्गकोनाच्या स्पर्शरेषेचा घातांक होय; त्यावरून कोष्टकांतून गमनमार्ग कोन काढावा.

३ अंतर काढण्यास समीकरण (३) चा उपयोग करावा. म्हणजे

$$\text{अंतर} = \text{खरें अक्षांशांतर} \times \text{गमनमार्ग छेदनरेषा} \quad (३)$$

याचा लागर्थमाचे रीतीनें उपयोग करावा म्हणजे खऱ्या अक्षांशांतराच्या घातांकास गमनमार्ग छेदनरेषेचा घातांक मिळवावा व बेरजेंतून १० वजा करून येईल तो अंतराचा घातांक होय. त्यावरून कोष्टकांतून अंतर काढावें.

४ नंतर खऱ्या गमनमार्गास चलन व विचलन मिळून झालेली होक्याची चूक विचारपूर्वक मिळवून अगर वजा करून होक्यावरील गमनमार्ग काढावा व निवाऱ्याकडील कोन (लीवे) वाऱ्याकडे (पवनसन्मुख) धरून विचारपूर्वक मिळवावा किंवा वजा करावा.

मरकॉटरचा नकाशा—मरकॉटरचे मताप्रमाणें पृथ्वीचा अगर पृथ्वीच्या कोणत्याही भागाचा नकाशा कसा काढितात तें सांगूं व नंतर त्याचे उपयोग सांगूं म्हणजे इतर नकाशे न वापरतां खलाशी लोक मरकॉटरचेच नकाशे कां वापरतात हें कळेल.

☞ **हा नकाशा काढण्याची उत्तम** रीति म्हटली म्हणजे अशी आहे कीं, एका कागदाचे मध्यभागीं एक आडवी रेषा भ म घ ही काढावी. हें भूमध्यवृत्त झालें. नंतर सारख्या अंतरावर कित्येक उभ्या समांतर सरळ रेषा भूमध्य रेषेशीं काटकोन करून काढाव्या. जशा अ अ, ब ब, क क, ड ड, ई ई इत्यादि. हीं मध्यान्हवृत्तें समजावीं. तीं सर्व समांतर आहेत व एकमेकांपासून सारख्या अंतरावर आहेत. हीं जीं मध्यान्हवृत्तें काढिलीं तीं १०° अंशांचे अंतरावर आहेत असें समजा, म्हणजे तीं भूमध्यरेषेवर एकमेकांपासून ६०० मैलांचे अंतरावर आहेत असें समजा. (तीं विद्यार्थ्यानें पाहिजे त्या सारख्या अंतरावर काढावींत) म्हणजे

०° पासून १०° पर्यंत अंतर ६०० मैल.
१०° पासून २०° पर्यंत अंतर ६०० मैल.

२०° —— ३०° —— ——६०० मैल.

३०° —— ४०° —— अंतर ६०० मैल.

इ० इ० इ०

सर्व ठिकाणीं रेखांशवृत्तांमध्यें सारखेंच अंतर ठेवावें. नंतर वाढविलेल्या भागाचें कोष्टक पहावें. आपण मध्यान्हवृत्तें जर १०, १० अंशांचे अंतरावर काढिलीं आहेत तर अक्षांशवृत्तेंही १०, १० अंशांचे अंतरावर काढावीं, व त्यांचे वाढविलेलें मध्यान्हवृत्तावरील अंतर कोष्टकावरून काढावें.

जसें १०° अंश= ६०३ मैल किंवा भाग.

२०° अंश=१२२५ मैल. १२२५− ६०३=६२२.

३०° अंश=१८८८ मैल. १८८८−१२२५=६३३.

४०° =२६२३ मैल, २६२३−१८८८=७३५.

इ. इ. इ.

असें पाहिजे तितकें म्हणजे ९० अंशांपर्यंत अंतर काढावें.

नंतर ज्या स्केलानें भूमध्य रेषेवर ०° पासून १०°पर्यंत ६०० मैल घेतले त्याच स्केलावर कंपासानें ६०३ मैल घ्यावे व त्यानें तितक्या ६०३ मैल अंतरावर भ च्या उत्तरेस एक (ज्ञ), व दक्षिणेस एक, (य) असे दोन बिंदू करावे; तसेंच त्याच अंतरावर (ध) पासून उत्तरेस एक (स) व दक्षिणेस (र) असे बिंदु करावे, नंतर स ज्ञ व य र ह्या रेषा काढाव्या. हीं दोन अक्षांशवृत्तें झालीं-एक विषुववृत्ताचे उत्तरेस १०° व दुसरे दक्षिणेस १० अंश,

आतां दुसरीं दोन अक्षांशवृत्तें काढण्यास भूमध्य रेषेपासून १२२५ मैल वरील स्केलानें घेऊन (भ) पासून उत्तरेस १२२५ मैलांवर एक (आ), व दक्षिणेस तितक्याच अंतरावर एक (उ), असे दोन बिंदु करावे. तसेंच (ध) पासूनही तितक्याच अंतरावर उत्तरेस एक (ल) व दक्षिणेस एक (ओ) असे दोन बिंदु करावे व आ ल आणि उ ओ अशा दोन रेघा काढाव्या. तीं भूमध्यरेषेपासून उत्तरेस २०° अंशांवर एक व दक्षिणेस २०° अंशांवर एक अशीं दुसरीं दोन अक्षांशवृत्तें होतील. आतां भूमध्यरेषेपासून १२२५ भाग घेतले किंवा ज्ञस आणि यर या रेघांपासून ६२२ भाग घेतले तरी सारखेंच आहे. कारण ज्ञस व यर या रेघा भूमध्यवृत्तापासून ६०३ अंतरावर आहेत. व ६०३+६२२ =१२२५. तिसरी अक्षांशवृत्ताची जोडी जी ३०° वर काढावयाची ती भूमध्यरेषेपासून १८८८ मैल अंतरावर (वरील स्केलानें) अथवा आ ल पासून उत्तरेस ६३३ मैल अंतरावर व उ ओ पासून दक्षिणेस ६३३ मैल अंतरावर काढिली पाहिजे. यावरून अक्षांशवृत्तांमधील अंतर क्रमाक्रमानें कसें वाढतें तें लक्ष्यांत येईल. ह्या नकाशाच्या दोन्ही बाजूंच्या मध्यान्हवृत्तावर मैल व अक्षांश दाखविण्याकरितां फार काळजीनें भाग पाडिलेले असतात. नकाशाच्या वरील बाजूचें समांतर अक्षांशवृत्त व खालील समांतर अक्षांशवृत्त यांच्या वर रेखांश मोजण्याकरितां सारखे भाग पाडिलेलें असतात. मोठ्या नकाशावर मध्येंही भाग पाडिलेलें एक मध्यान्हवृत्त असतें. विद्यार्थ्यानें हे नकाशे काढण्याचा चांगला अभ्यास करावा, म्हणजे ते सहज काढतां येतील.

मध्यान्हवृत्ताच्या वाढविलेल्या भागाचें कोष्टक (मैलांत).

अक्षां	मैल.	अक्षां.	मैल.	अक्षां.	मैल.	अक्षांश.	मैल.
१°	६०२	२३°	१४१९	४५°	३०३०	६८°	५६३१
२°	१२०	२४°	१४८४	४६°	३११६	६९°	५७९५
३°	१८०	२५°	१५५०	४७°	३२०३	७०°	५९६६
४°	२४०	२६°	१६१६	४८°	३२९२	७१°	६१४६
५°	३००	२७°	१६८४	४९°	३३८२	७२°	६३३५
६°	३६१	२८°	१७५१	५०°	३४७४	७३°	६५३४
७°	४२१	२९°	१८१९.	५१°	३५६९	७४°	६७४६
८°	४८२	३०°	१८८८	५२°	३६६५	७५°	६९७०
९°	५४२	३१°	१९५८	५३°	३७६४	७६°	७२१०
१०°	६०३	३२°	२०२८	५४°	३८६५	७७°	७४६७
११°	६६४	३३°	२१००	५५°	३९६८	७८°	७७४५
१२°	७२५	३४°	२१७१	५६°	४०७४	७९°	८०४६
१३°	७८७	३५°	२२४४	५७°	४१८३	८०°	८३७५
१४°	८४९	३६°	२३१८	५८°	४२९४	८१°	८७३९
१५°	९१०	३७°	२३९३	५९°	४४०९	८२	९१४५
१६°	९७३	३८°	२४६८	६०°	४५२७	८३°	९६०६
१७°	१०३५	३९°	२५४५	६१°	४६४९	८४°	१०१३७
१८°	१०९८	४०°	२६२३	६२°	४७७५	८५°	१०७६५
१९°	११६१	४१°	२७०२	६३°	४९०५	८६°	११५३३
२०°	१२२५	४२°	२७८२	६४°	५०३९	८७°	१२५२२
२१°	१२८९	४३°	२८६३	६५°	५१७९	८८°	१३९१६
२२°	१३५४	४४°	२९४६	६६°	५३२४	८९°	१६३००
				६७°	५४७४	८९°-५९′	३०३७२

नाविक कोष्टकांत प्रत्येक कलेची वाढविलेली लांबी मैलांत दिलेली असते. परंतु येथें नवीन विद्यार्थ्यांकरितां फक्त अंशांचीच वाढविलेली भूमध्यवृत्तापासून लांबी मैलांत दिली आहे. त्यावरून निरनिराळ्या अक्षांशांवर ध्रुवाकडे प्रत्येक अंशाची लांबी कशी वाढत जाते तें लक्षांत येईल. व तिचा नकाशे काढण्यासही उपयोग पडेल.

मरकॉटरचे नकाशाचा एक मोठा उपयोग आहे तो हा कीं, त्या नकाशावरील कोणत्याही एका स्थलापासून दुसऱ्या स्थलापर्यंत रेघ काढिली असतां ती कोणत्याही मध्यान्हवृत्ताशीं जो कोन करील तोच त्या पहिल्या ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणीं जाणाऱ्या गलबताचा गमनमार्ग होय.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील एक शहर (ख) या अक्षरानें व दुसरें शहर (न) या अक्षरानें मरकॉटरचे नकाशावर दाखविलें आहे असें समजा. ख न ही एक सरळ रेषा काढून तीं दोन स्थळें जोडा. म्हणजे ख स्थळापासून न स्थळाकडे जाण्याचा अ, अ हा गमनमार्ग—कोन झाला. (आकृति ४२ पहा) व (व) (घ) हा नपासून खकडे जाण्याचा गमनमार्ग आहे व ते दोन्ही एकसारखेच आहेत.

गलबताचे मालमाजवळ बहुतकरून एक मोठा समांतर रूलर असतो. तो त्या दोन्ही स्थलांवर ठेवावा. व नंतर त्या नकाशावर जीं एकदोन दिशाचक्रें काढिलेलीं असतात त्यांपैकीं जवळच्या दिशा चक्राच्या मध्यावर तो रूलर तसाच समांतर रेषेंत सरकवीत न्यावा; म्हणजे त्या दिशाचक्रावरून गमनमार्ग समजतो. कारण समांतर रूलरची कोर ती दिशा दाखविते.

कॉप्टनफील्डनें एक सुधारलेला समांतर रूलर केला आहे. त्याचे दोन पट्यांच्या मध्यभागीं बरोबर मध्य धरून त्याच्या चारी बाजूंवर दिशा दाखविणाऱ्या रेषा काढिलेल्या असतात. म्हणजे ते दोन प्रोट्रॅक्टरच दोन समांतर पितळेच्या पट्टयांनीं एकमेकांशीं जोडलेले असतात, असे कीं ते एकमेकांस लाविले असतां त्यांचे मध्य एकाच ठिकाणीं बरोबर मध्यावर येतात. या रूलरची एक कोर नकाशावरील पाहिजे त्या दोन स्थलांवर ठेवावी व नंतर तो रूलर तसाच समांतर रेषेंत जवळच्या एकाद्या मध्यान्हवृत्तावर त्याचा मध्य येई तोंपर्यंत सरकवावा म्हणजे त्याची कोर (बाजू) मध्यान्हवृत्ताशीं जो कोन करिते तो एकदम दिसून येतो. तो रूलर नकाशावरील दिशाचक्रापर्यंत सरकवीत न्यावा लागत नाहीं व त्यामुळें सरकवितांना रूलर हलून चुकी होण्याचा संभव नसतो.

मरकॉटरचे नकाशे वापरण्यांत दुसरा एक फायदा आहे, तो असा कीं, कोणत्याही दोन स्थळांमधील अंतर त्यावरून कंपासानें एकदम काढितां येतें. ख, आणि न, या दोन ठिकाणांमधील अंतर पाहिजे आहे; आणि ग ग हें त्या दोन ठिकाणांमधील मध्य अक्षांश आहे असें समजा. तर ग मधून अक्षांशवृत्ताशीं समांतर ग ग रेषा नकाशाच्या बाजूपर्यंत काढा. व ती ज्या ग बिंदूंत त्या बाजूवरील विभागलेल्या मध्यान्हवृत्ताशीं मिळेल त्या बिंदूचे उत्तरेस ख न चें अर्धें अंतर मापा व अर्धें दक्षिणेस मापा व दोन्हीकडे एक एक बिंदु करा त्या दोन बिंदूमधील अंतर खन बरोबर होईल; व या दोन बिंदूमध्यें जे अंश व ज्या कला असतील त्याचे मैल करा (एका अंशाचे मैल ६० व प्रत्येक कलेचा मैल एक) म्हणजे जे मैल येतील ते त्या दोन ठिकाणांमधील अंतर होय.

याचप्रमाणें कोणत्याही ठिकाणचे अक्षांश काढावयाचे असल्यास त्याच्या जवळील अक्षांशवृत्तापासून त्या ठिकाणाचें अंतर मापावें व तें नकाशाच्या बाजूवरील विभागलेल्या मध्यान्हवृत्तावर त्याच अक्षांशवृत्तापासून किती अंश व कला भरतें तें पहावें व त्यावरून त्या ठिकाणाचे अक्षांश काढावे. रेखांश काढावयाचे असतील तर त्या ठिकाणाचे अगदीं जवळ जें मध्यान्हवृत्त असेल त्यापासून त्या स्थळांचें अंतर मापावें व तें नकाशाच्या वरील अथवा खालील विभागलेल्या अक्षांशवृत्तावर ठेवून किती अंश व कला भरते ते पहावें व त्यावरून त्या ठिकाणचे रेखांश काढावे.

भाग १२ वा.

बृहद्‌वर्तुल नौकागमन अथवा बृहद्‌वर्तुल-मार्ग नौकागमन.

हा विषय फार गहन आहे व त्याला गोलत्रिकोन–मितीचें ज्ञान लागतें. परंतु या रीतीनें गणित करून गलबतें मोठें वर्तुल अथवा बृहद्वर्तुल मार्गानें कां चालवावीं लागतात, हें थोडक्यांत सांगूं. मोठें वर्तुल म्हणजे जें गोलाचे दोन समान भाग करितें व ज्याची पातळी गोलाच्या मध्यबिंदूतून जाते तें होय, हें मागें सांगितलें आहे.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील दोन स्थलांमधील अगदीं कमींतकमी अंतर म्हणजे त्या दोन स्थलांमधून जाणाऱ्या मोठ्या वर्तुलाचा त्यांच्यामधील लहान कंस हें होय. हें साधारण आकृति काढून सिद्ध करून दाखवितां येईल.

पृथ्वीच्या कृत्रिम गोलावरील दोन स्थलांमधील मोठें वर्तुल दाखविणें सोपें आहे व तो गोल, तीं दोन्ही स्थलें लांकडी क्षितिजावर येतील अशा रीतीनें, फिरवून त्यांच्यामधील अंतर काढतां येईल. या स्थितींत गोल असतांना बृहद्वर्तुल गमनमार्ग कसा जातो हें पाहतां येतें. त्यावरून असें आढळेल कीं मोठें वर्तुल हें सर्व मध्यान्हवृत्तांशीं सारखा कोन करीत नाहीं तर प्रत्येक मध्यान्हवृत्ताशीं निरनिराळा कोन करितें. त्यामुळें बृहद्वर्तुल नौकागमनांत

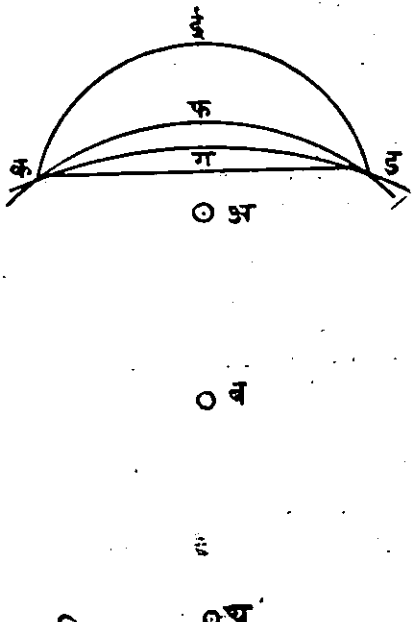
गमनमार्ग वरचेवर बदलावा लागतो. आतां मरकॉटरचे रीतीनें जो गमनमार्ग निघतो तो सर्व मध्यान्हवृत्तांशीं सारखाच कोन करितो म्हणून तो सर्वांत जवळचा गमनमार्ग नव्हे, हें उघड होतें. निर-निराळ्या गमनमार्ग रीति देण्याचा मुख्य उद्देश हा आहे कीं, गलबत एके ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणीं थोड्या वेळांत सुरक्षित रीतीनें नेतां यावें. मरकॉटरचे रीतीनें गलबत सुरक्षितपणें खात्रीनें पाहिजे त्या ठिकाणीं नेतां येईल हें खरें, परंतु त्या रीतीनें सदोदित अगदीं जवळचाच मार्ग निघेल अशी खात्री नाहीं. तथापि भूमध्यवृत्तावर गलबत बरोबर पूर्वपश्चिम चालविलें असतां किंवा मध्यान्हवृत्तावर बरोबर दक्षिणोत्तर चालविलें असतां त्याचा गमनमार्ग पृथ्वीच्या मोठ्या वर्तुळावर असतो, कारण सर्व मध्यान्हवृत्तें व भूमध्यवृत्त हीं पृथ्वीचीं मोठीं वर्तुळें आहेत. व त्यावर जात असतां गलबताचा गमनमार्ग फिरवावा लागत नाहीं म्हणून मरकॉटरच्या रीतीनें केलेलें गणित व गमनमार्ग या वेळीं बरोबर व फायदेशीर असतात. इतर सर्व अक्षांशवृत्तांवर व तिरप्या दिशेनें लांबीच्या पल्यावर सफर करावयाची असतां जवळचा गमनमार्ग काढण्यास मोठे वर्तुल नौका-गमनाचे रीतीचा उपयोग केला पाहिजे. मरकॉटरची रीति सदोदित उपयोगी व फायदेशीर पडावयाची नाहीं हें उघड आहे. गलबत जरी कोणत्याही एका मोठे वर्तुलावरून फार वेळ एकाच दिशेनें सारखें चालवितां येणार नाहीं तरी त्याची दिशा वरचेवर बदलून तें वरचेवर मार्गाजवळ जवळ आणतां येईल व होईल तितकें त्याचे जवळ राखितां येईल.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील कोणत्याही दोन स्थलांमधील सर्वांत जवळचा रस्ता म्हणजे एका मोठे वर्तुलाचा, त्या दोन स्थलांमधील

लहान कंस हा होय. हें गणितशास्त्रानें सिद्ध करून दाखवितां येईल. कारण एका सरळ पातळीवरील दोन स्थळांमधील कमींत कमी अंतर म्हणजे त्या दोन स्थलांस जोडणारी एक सरळ रेषा होय. तसेंच भरीव गोलावरील दोन स्थलांमधील अंतर हें त्या दोन स्थलांस जोडणारी ज्या होय. त्या मार्गानें मुळींच जातां येत नाहीं. परंतु त्या ज्येच्या बरोबरीची, किंवा जवळ जवळ तिच्याएवढी, गोलावरील रेषा म्हटली म्हणजे, सर्वांत मोठ्या त्रिज्येनें, काढिलेल्या वर्तुळाचा, त्या दोन स्थळांमधून जाणारा लहान कंस ही होय. या कंसाला वांक अगदीं कमी असतो. असा कंस म्हणजे अर्थात् त्या गोलाच्या मोठ्या वर्तुलाचा लहान कंस हा होय. आतां पृथ्वीच्या कृत्रिम गोलावरील तीं दोन स्थळें लांकडी क्षितिजावर आणून त्यांच्यामध्यें बारीक रेशमाचा धागा ताणून त्यांच्यामधील कमींत कमी अंतर जें असतें तें त्या गोलाच्या मोठ्या वर्तुलाचा लहान कंस होय. हें सहज दाखवितां येतें. कारण तो गोल फिरवून निरनिराळ्या रीतीनें तो धागा त्या दोन स्थळांमध्यें ठेवून त्यांच्यामधील अंतर मापिलें असतां लांकडी क्षितिजावर मापिलेलें, त्या दोन स्थलांमधील जें अंतर, तें इतर सर्व रीतींनीं मापिलेल्या अंतरापेक्षां कमी असतें, असें आपल्या लक्षांत येईल.

बाजूच्या आकृतीवरूनही लक्षांत येईल कीं, जसजशी वर्तुलाची त्रिज्या मोठी घ्यावी तसातसा क आणि ड बिंदूंमधील कंस लहान लहान होतो व क ड या ज्येच्याजवळ जवळ येतो. परंतु गोलावरील सर्वांत मोठें वर्तुल म्हणजे त्याचे पृष्टभागावर काढिलेलें मोठें वर्तुल होय. म्हणून गोलावरील दोन स्थलांमधील कमींत कमी अंतर म्हणजे त्या दोन स्थलांमधील मोठ्या वर्तुलाचा लहान कंस हें

होय. क आणि ड या बिंदूंमधून जाणाऱ्या क ई ड कंसाचा अ हा मध्यबिंदु आहे असें समजा, व ब हा, क फ ड या गोलाच्या मोठ्या वर्तुलाच्या कंसाचा मध्यबिंदु आहे असें समजा. तर आकृतीवरून हें उघड आहे कीं, क फ ड हा जो मोठ्या वर्तुलाचा कंस आहे तो क आणि ड यांच्यामधील सर्वांत कमी अंतर आहे. व जसजशी त्रिज्या लांब घ्यावी तसतसा क ड कंस जवळ जवळ एक सरळ रेषा क ड एवढा होतो व सरळ रेषा हे दोन स्थलांमधील कमींत कमी अंतर होय. परंतु गोलाच्या मोठ्या वर्तुलापेक्षां अधिक मोठें वर्तुल किंवा वर्तुल कंस गोलाच्या पृष्ठभागावर काढितां येत नाहीं. म्हणून मोठ्या वर्तुलाचा लहान कंस हेंच गोलावरील दोन स्थलांमधील कमींत कमी अंतर होय व तें काढण्याकरितां बृहद्वर्तुल नौकागमन शिकलें पाहिजे. हल्लीं त्याचा फार उपयोग करितात, म्हणून प्रौढ विद्यार्थ्यांनीं तें इतर पुस्तकावरून शिकावें.



आकृति ४४

भाग १३ वा.

प्रवाह नौकागमन.

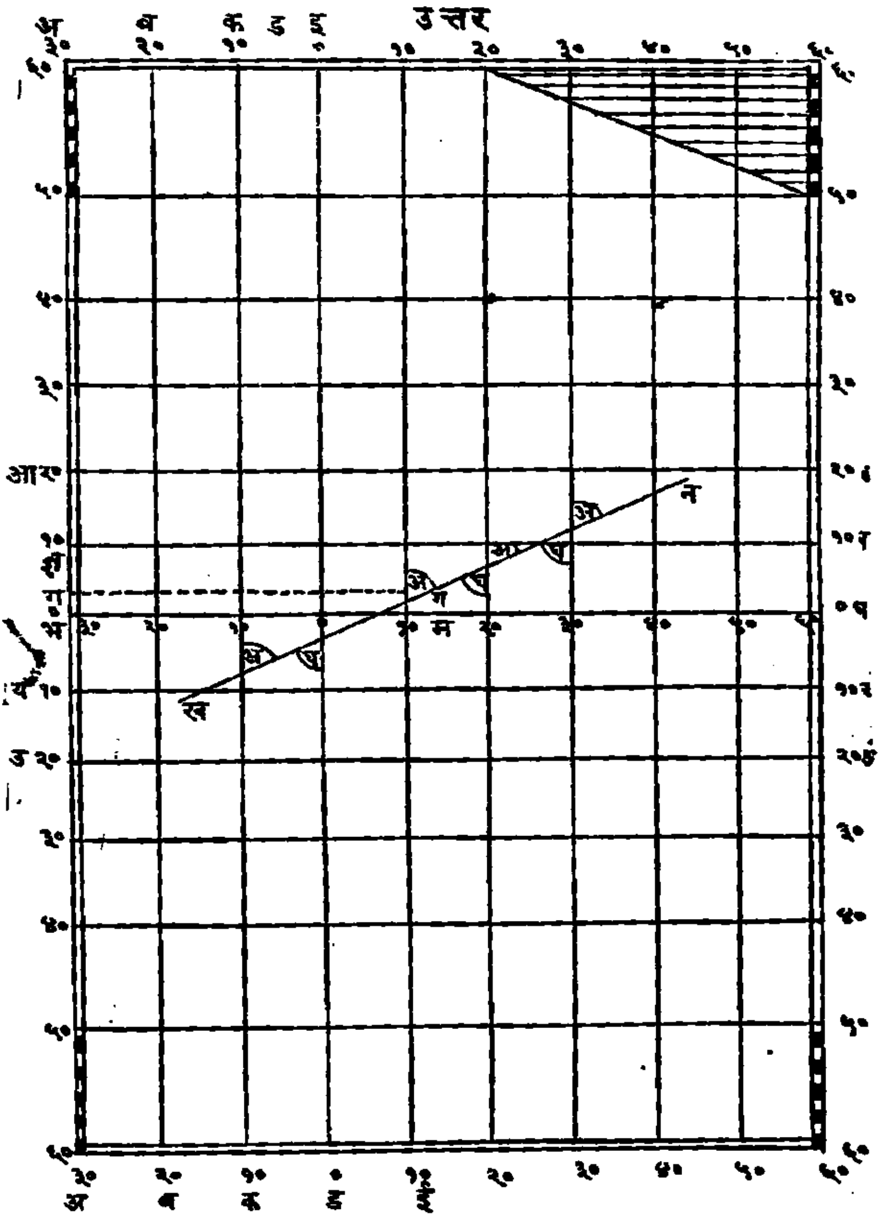
कोणत्याही नियमित दिशेनें वाहणाऱ्या पाण्याच्या भागास **प्रवाह** म्हणावें.

ज्या दिशेनें प्रवाह जातो त्या दिशेस **प्रवाहदिशा** किंवा सेट (Set) असें म्हणतात.

अमुक एक वेळेमध्यें प्रवाह जितका जातो त्यास **प्रवाहवेग** अथवा ड्रिफ्ट (Drift) असें म्हणतात.

स्वतःच्या अगर वाऱ्याच्या जोरावर चालणारें एकादें गलबत, प्रवाहांत सांपडलें असतां, प्रवाहाच्या व त्याच्या जाण्याच्या दिशेप्रमाणें, तें प्रवाहाबरोबर जाईल, प्रवाहाच्या उलट दिशेनें जाईल, किंवा प्रवाहाशीं कांहीं कोनकरून आडवें अगर तिरपें जाईल. जेव्हां तें प्रवाहाच्या दिशेनें प्रवाहाबरोबर जातें, तेव्हां पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील म्हणजे समुद्राच्या तळावरील त्याची गति प्रवाहाच्या पूर्ण गतीनें वाढते हें उघड आहे. व त्याचा खरा वेग म्हणजे त्याचे स्वतःचा वेग व पाण्याच्या प्रवाहाचा वेग यांच्या बेरजेबरोबर असतो. जेव्हां तें प्रवाहाच्या अगदीं उलट दिशेनें जातें तेव्हां त्याचा खरा वेग हा त्याचे स्वतःचे वेगांत प्रवाहाचा वेग वजा करून बाकी राहील तो होय.

आकृति ४२वी



जेव्हां तें प्रवाहाच्या दिशेशीं कांहीं कोन करून त्याशीं तिरप्या किंवा आडव्या दिशेनें जातें तेव्हां, प्रवाहाच्या व गलबताच्या जाण्याच्या दिशांमध्यें जो लघु अथवा विशाळ कोन होतो त्याप्रमाणानें गलबताचा खरा वेग प्रवाहामुळें अधिक अगर कमी होतो. याप्रमाणें एका दिशेंत नाहींत अशा दोन निरनिराळ्या गतींची प्रेरणा त्या गलबतावर एकदम झाली म्हणजे तें, ज्याची एक बाजू गलबताचा वेग व दिशा दाखविते, व दुसरी बाजू प्रवाहाचा वेग व दिशा दाखविते, अशा समांतर भुज-चौकोनाच्या कर्णावरून जातें.

प्रवाहाचा वेग व त्याची दिशा काढण्याची सोपी रीति पुढें दिल्याप्रमाणें आहे:—एका लहान होडींत बसून ती होडी गलबतापासून कांहीं दूर वल्हवीत न्यावी, व एक लहान नांगर अथवा जड वजन पाण्यांत सोडून ती स्थिर करावी. नंतर वेग मापण्याची फळी (पाटली) पाण्याच्या प्रवाहांत सोडावी व ज्या वेगानें तिची दोरी ताणली जाईल तो प्रवाहाचा वेग समजावा; व त्या पाटलीची दिशा लहानशा कंपासानें पहावी ती त्या प्रवाहाची दिशा होय. परंतु ही रीति अगदीं बरोबरच आहे असें समजूं नये; कारण बोटीवरून पाण्यांत सोडलेलें वजन कदाचित् खालीं दुसऱ्या प्रवाहांत सांपडल्यामुळें होडी स्थिर रहाणार नाहीं.

प्रवाह-नौकागमन हीही प्रवाहांत सांपडलेल्या गलबताचा खरा गमनमार्ग व अंतर काढण्याची एक रीति आहे. अफाट समुद्रामध्यें जेथून जमीन मुळींच दिसत नाहीं तेथें प्रवाहनौकागमनाचे नियम मुळींच उपयोगीं पडत नाहींत म्हटलें तरी चालेल. तरी पण प्रत्येक दिवसाचे शेवटीं प्रवाहाचे वेगाचा व दिशेचा अदमास काढण्या-

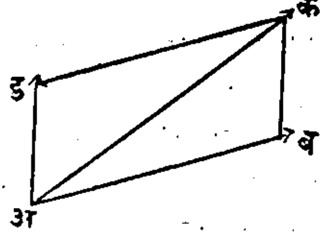
करितां या रीतीचा उपयोग करितात. परंतु किनाऱ्याच्या जवळून जातांना, जमिनीजवळ येतांना बेटांजवळून, किंवा खडक, वाळूचे ढीग वगैरे खराब्याजवळून जातांना, तसेंच भरती, ओहोटी असणाऱ्या समुद्रांत व नद्यांत व ज्या ठिकाणीं प्रवाहाच्या वेगाची व दिशेची माहिती आहे अशा ठिकाणीं प्रवाहनौकागमन रीति पुष्कळ प्रकारांनीं उपयोगीं पडते.

प्रवाह नौकागमनाच्या दोन सोप्या रीति आहेतः—एक नकाशावर आकृति काढून गलबताचा गमनमार्ग व अंतर काढण्याची, व दुसरी ट्राव्हर्स कोष्टकांतून गणित करून अंतर व गमनमार्ग काढण्याची.

(१) पहिली रीति, आकृतीवरून गमनमार्ग व अंतर काढण्याचीः—

मागें सांगितलेंच आहे, कीं जेव्हां गलबताचा गमनमार्ग व प्रवाहाची दिशाहीं एकाच सरळ रेषेंत असतात तेव्हां प्रवाहामुळें गमनमार्गाची दिशा बदलत नाहीं. अंतर मात्र प्रवाह अनुकूल अथवा प्रतिकूल असेल त्याप्रमाणें गलबाताचा वेग व प्रवाहाचा वेग यांच्या बेरजेबरोबर अथवा वजाबाकीबरोबर येईल. परंतु जेव्हां गलबताची गमनदिशा व प्रवाहाची दिशा यांच्यामध्यें कांहीं कोन होतो, त्या वेळीं गलबताचा खरा गमनमार्ग हा, ज्याची एक बाजू कांहीं ठराविक वेळामधील गलबताचा वेग व दिशा यांनीं दाखविली जाते, व दुसरी बाजू त्याच वेळांमधिल प्रवाहाचा वेग व दिशा यांनीं दाखविली जाते, अशा समांतर भुज-चौकोनाचा कर्ण होईल. एक सोपें उदाहरण घेऊन हें स्पष्ट करून दाखवूं. अ या ठिकाणीं एक गलबत आलें असतां तें उत्तरेकडे जाणाऱ्या प्रवाहांत सांपडलें

असें समजा. अ ब रेषा त्याचा गमनमार्ग व एक तासांतील गलबताचा वेग दाखवितें; व अ ड रेषा ही प्रवाहाची दिशा व एकच तासांमधील त्याचा वेग दाखविते असें समजा. आतां हें उघड



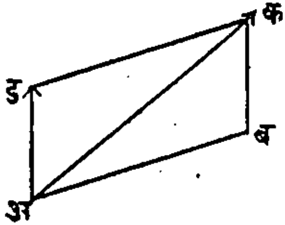
आकृति ४५.

आहे कीं, गलबत एक तासांत अ पासून ब पर्यंत जात असतां प्रवाह त्याला अ ड अथवा ब क या दिशेनें नेतो, व एक तासाचे शेवटीं तें गलबत अ क कर्णावरून जाऊन क ठिकाणीं पोंहोंचते. यावरून यंत्रशास्त्रांतील गतिविषयक असा एक व्यापक नियम निघाला आहे कीं, कोणत्याही एका पदार्थावर एकाच वेळीं दोन निरनिराळ्या गति दोन निरनिराळ्या दिशांनीं लागू पडल्या असतां, तो पदार्थ, त्या गतींची दिशा व वेग दाखविण्याऱ्या दोन रेषा, ज्या समांतर भुज-चौकोनाच्या दोन बाजू होतील, त्यांच्या कर्णावरून जातो हा नियम एका सरळ रेषेंत नसणाऱ्या दोन गति एका पदार्थावर एकदम चालू झाल्या असतां सर्व ठिकाणीं लागू पडतो.

आतां वरील आकृतींत अ हें गलबताचें ठिकाण आहे, व तें प्रवाहांत सांपडलें असतां अ क या दिशेनें जावें म्हणून आपणांस अ ब या दिशेवर गलबत चालविलें पाहिजे; म्हणजे, अ ब दिशेवर गलबताची नाळ लाविली असतां तें प्रवाहाच्या योगानें अ क या कर्णावरून चालेल. म्हणून प्रवाह-गमनमार्ग काढावयाचा म्हणजे आपणांस अ ब दिशा काढावयाची आहे, आणि अ क, व अ ड, या दोन दिलेल्या आहेत. म्हणजे गतिदर्शक समांतर भुज-चौकोनाचा

कर्ण व एक बाजू दिली असतां दुसरी बाजू काढण्याचा हा प्रकार आहे. ज्या मार्गानें आपणांस गलबत न्यावयाचें आहे. तो खरा गमनमार्ग हा या चौरसाचा कर्ण होय. प्रवाहाची दिशा व गति ही याची एक बाजू होय. यावरून गलबताची दिशा व गति, जी दुसरी बाजू होईल तो गमनमार्ग काढावयाचा आहे. व गलबताचा वेग माहीत असतोच त्यावरून या बाजूची लांबी निघेल व कर्णाची लांबी म्हणजे गलबताचें प्रत्येक तासाचें अंतर अथवा मार्गक्रमणही निघेल. ही आकृति काढण्यास गतिदर्शक समांतर भुज-चौकोन काढण्याच्या उलट कृति केली पाहिजे. ती अशी:—

नकाशावरील गलबताच्या (अ) ठिकाणापासून ज्या ठिकाणाकडे गलबत न्यावयाचें आहे. त्या(क) ठिकाणाची दिशा दाखविणारी म्हणजे खरा गमनमार्ग दाखविणारी एक अ क रेषा काढा. त्याच (अ) स्थलापासून प्रवाहाची दिशा दाखविणारी दुसरी अ ड रेघ काढा व अ ड ची लांबी स्केलनें प्रवाहाच्या एका तासांतील वेगाएवढी करून घ्या. आतां गलबताच्या एका तासाच्या वेगाइतकें अंतर त्याच स्केलावरून कंपासानें मापून घ्या, व त्या कंपासाचें एक टोंक प्रवाहाचा वेग दाखविणाऱ्या अ ड रेघेच्या ड टोंकावर ठेवा, व दुसरें टोंक खरा गमनमार्ग दाखविणाऱ्या अ क रेघेस मिळवा; व ते दोन, क आणि ड बिंदु जोडा म्हणजे क ड ही रेघ गलबताचें नाळ कोणच्या दिशेकडे लावावें तें दाखवील. ड क शीं समांतर अशी अ बिंदूमधून अ ब



आकृति ४६.

रेघ काढितां येईल. म्हणजे अ ब हा प्रवाहगमनमार्ग झाला त्याला चलन व विचलन लावून होक्यावरील प्रवाहगमनमार्ग काढावा.

दुसरी रीतिः——ट्राव्हर्स कोष्टकावरून गमनमार्ग व अंतर काढण्याची——

ही रीति एक उदाहरण घेऊन नीट दाखवितां येईल.

१ लें उदाहरण.——एक गलबत दर तासांत सात मैलप्रमाणें S बाय W. (दक्षिणेकडून पश्चिमेकडे १ बिंदु = ११°–१५′) या दिशेनें बारा तास चाललें. त्यास निघाल्या वेळेपासून शेवटपर्यंत प्रवाह दर तासांत ३ मैलप्रमाणें E. N. E. (उत्तरेकडून पूर्वेस २ बिंदु = २२° – ३०′) या दिशेनें नेत आहे. तर त्याचा खरा गमनमार्ग व बारा तासांत त्यानें क्रमिलेलें अंतर काढा.

ट्राव्हर्स कोष्टक.

गमनमार्ग	अंतर मैल	अक्षांशांतर मैल उत्तर	अक्षांशांतर मैल दक्षिण	रेखांशांतर मैल पूर्व	रेखांशांतर मैल पश्चिम	
S बाय W.	८४		८२-४		१६-४	
E.N.E.	३६	१३-८		३३-३		
			८२-४	३३-३	१६-४	ट्राव्हर्स कोष्टकावरून
		१३-८	१३-८	१६-४		
			६८-६	१६-९		उत्तर काढा.

उत्तर गमनमार्ग = १४° – १६′ पूर्वेस; अंतर ७०-८ मैल.

२ रें उदाहरण.---एक गलबत, N. N. E. या दिशेनें दर तासांत चार मैलप्रमाणें ५ पांच तासपर्यंत चाललें व तितक्या वेळांत प्रवाहानें १ तासांत १ मैल या वेगानें त्याला N. W. (वायव्य) दिशेनें नेलें तर त्या पांच तासांत तें किती चाललें व त्याचा खरा गमनमार्ग काय ?

या उदाहरणांत फक्त दोन गमनमार्ग व दोनच अंतरें दिलीं आहेत. त्यावरून ट्रान्व्हर्स कोष्टकावरून एक गमनमार्ग काढावयाचा आहे.

ट्रान्व्हर्स कोष्टक.

गमनमार्ग	अंतर मैल	अक्षांशांतर		रेखांशांतर (Departure)		
		उत्तर मैल	दक्षिण मैल	पूर्व	पश्चिम	
N.N.E.=२ बिंदु खंड	२०	१८·५		७·७		कोष्टका-
N.W.=४ बिंदु खंड	५	३·५			३·५	वरून
		२२·०		७·७	३·५	उत्तर
				३·५		काढा.
		२१·६		४·२		

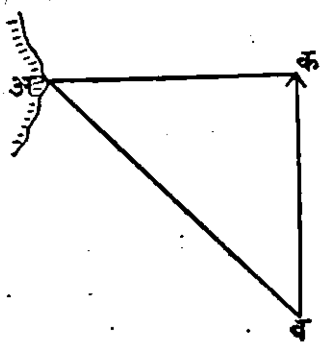
उत्तर अंतर २२ मैल व गमनमार्ग ११° उत्तरेकडून पूर्वेस.

भाग १४ वा.

कोन मापून गलबताचें ठिकाण काढणें.

समुद्राच्या किनाऱ्याजवळून गलबत जात असतां तें किनाऱ्यापासून किती दूर आहे हें वरचेवर काढणें फार अगत्याचें आहे. हें सोप्या रीतीनें काढण्याचा मार्ग म्हणजे जमिनीवरील एकादें उंच अथवा सहज दिसण्याजोगें ठिकाण गलबताच्या गमनमार्गाशीं ४५° अंशाचा कोन केव्हां करितें ती वेळ टिपून ठेवावी; व नंतर गलबत पुढें जातां जातां, त्याच ठिकाणाशीं काटकोन केव्हां करितें ती वेळ पहावी व त्या दोन्ही वेळांच्या मधील अंतरांत गलबत जितकें चाललें असेल तितकेंच जमिनीपासून त्याचें अंतर समजावें. हें खालील आकृतीवरून नीट लक्ष्यांत येईल.

अ हें एक किनाऱ्यावरील उंच ठिकाण आहे असें समजा. व ब क हा गलबताचा गमनमार्ग आहे, ब ह्या ठिकाणीं गलबत आलें असतां तेथून गमनमार्गाशीं अ स्थलाचा (४ बिंदु) ४५° चा कोन होतो असें समजा. नंतर क ठिकाणीं गलबत आलें असतां त्याच अ स्थळाचा गमनमार्गाशीं काटकोन होतो असें समजा. आतां,

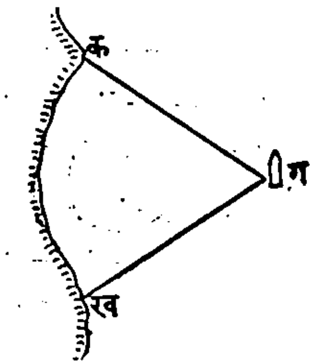


आ. ४७

अ क ब हा काटकोन आहे व अ ब क हा ४५° चा कोन आहे. तेव्हां क अ ब कोनही ४५ अंशाचाच असला पाहिजे (कारण तें एकाच त्रिकोनाचे कोन आहेत व त्या सर्वांची बेरीज १८०° बरोबर असली पाहिजे) व अ क बाजू क ब बरोबर असली पाहिजे. कारण एकाच त्रिकोनांत समान कोनांसमोरील बाजूही समान असतात. म्हणून अक, अ ब बरोबर आहे.

विद्यार्थ्यानें लक्ष्यांत ठेवावें कीं, ब क अंतर अ क बरोबर आहे. परंतु ब अ हें सदोदित नुसत्या गलबताच्या वेगाबरोबर असणार नाहीं, कारण गलबतास प्रवाह अगर भरतीओहटी लागल्यामुळें त्याचे गतींत फेरफार होणार आहे. म्हणून तो लक्ष्यांत घेऊन ब क अंतर किती हें बरोबर काढिलें पाहिजे. म्हणजे तितकेंच अंतर अ क हें होय.

दुसरी रीति—नकाशावर दाखविलेल्या जमीनीवरील कोणत्याही दोन



आ. ४८

(क आणि ख) स्थळांचीं उत्तरांतरें गलबतावरून घ्यावींत. व तीं उलट करून नकाशावर बारीक रेघांनीं काढावींत. त्या दोन रेघा एकमेकांस जेथें छेदितील. तें गलबताचें नकाशावरील (ग) स्थळ होय. या दोन उत्तरांतील अंतर जवळ जवळ एक काटकोनाइतकें असावें कारण ९०° इतकें अंतर अस-

तांना कोन घेतांना थोडी चूक झाली असतां तिचा परिणाम या वेळीं फार कमीही होतो. परंतु काळजीपूर्वक कोन मापिला तर ४५° अंशापासून १३५° अंशांपर्यंत कोणतेंही अंतर त्या दोन उत्तरांतरांत असलें तरी गलबताचें ठिकाण नकाशावर दाखवितां येईल. परंतु त्याहून कमी अगर अधिक मोठा कोन त्या दोन स्थलांच्या उत्तरांतरांत असला तर त्या गलबताचें ठिकाण नकाशावर बरोबर दाखवितां येणार नाहीं. हे कोन नकाशावर बरोबर काढण्याकरितां होक्याची चलन व विचलन मिळून झालेली चुकी बरोबर माहीत करून घेऊन ती विचारांत घेतली पाहिजे. नकाशावर गलबताचें ठिकाण दाखविलें म्हणजे त्याचें अंतरही कळेल.

भाग १५ वा.

भरती-ओहोटी.

समुद्राच्या नकाशावर पाण्याच्या खोलीचे आंकडे दिलेले असतात. ते त्या त्या ठिकाणीं पाण्याची खोली किती वांव आहे, तें दाखवितात. (सहा फूट म्हणजे एक वांव किंवा फॉदम समजावा.) समुद्राचें पाणी भरती-ओहोटीमुळें कमी जास्ती होतें. खोल समुद्रांत भरती-ओहोटी कळून सुद्धां येत नाहीं. परंतु किनाऱ्याजवळ, व नदीच्या किंवा खाडीच्या मुखाशीं जे खडक व वाळूचे ढीग ओहोटीच्या वेळीं स्पष्ट दिसतात, ते भरतीच्या वेळीं दिसत नाहींत व त्यावर गलबतें लागण्याचा संभव असतो. तसेंच कित्येक बंदरांत ओहोटीच्या वेळीं गलबतें नेतां येत नाहींत, तीं भरतीच्या वेळीं सुरक्षित रीतीनें नेतां येतात. अशा अनेक कारणांमुळें भरती-ओहोटीचें पूर्ण ज्ञान असणें हें खलाशांस व नाखव्यास फार जरूरीचें आहे. म्हणून भरती-ओहोटीचें येथें थोडक्यांत वर्णन करूं.

चंद्र आणि सूर्य या दोहोंच्या आकर्षणामुळें समुद्रास भरती-ओहोटी उत्पन्न होते. समुद्राच्या पाण्यावर व एकंदर पृथ्वीवर चंद्रसूर्यांचें जें आकर्षण असतें तें त्यांच्यामधील जड द्रव्याच्या (वजनाच्या) समप्रमाणांत व अंतराच्या वर्गाच्या विषम प्रमाणांत असतें. (म्हणजे ज्याचें वजन अधिक त्याचें आकर्षण अधिक, परंतु ज्याचें अंतर कमी त्याचें आकर्षण अधिक. आकर्षण अंतराच्या

वर्गाचे विषम प्रमाणांत कमी-अधिक होतें. म्हणजे अंतर दुप्पट झालें तर आकर्षण चतुर्थांश होतें. व अंतर अर्धें झालें तर आकर्षण चौपट होतें.) म्हणून चंद्र हा सूर्यापेक्षां जरी लहान आहे तरी तो पृथ्वीच्या इतकाजवळ आहे कीं, त्याच्या आकर्षणाचा समुद्राच्या भरती-ओहोटींवर सूर्याच्या आकर्षणापेक्षां अधिक परिणाम होतो. स्थूलमानानें चंद्राचें आकर्षण सूर्याच्या आकर्षणाच्या दुप्पट आहे.* (वास्तविक तें सवा दोन पट आहे म्हणजे सूर्याचें आकर्षण ४ मानिलें तर चंद्राचें ९ आहे.)

---

* सूर्याचें आकर्षण एकंदर पृथ्वीवर, चंद्राच्या आकर्षणापेक्षां, पुष्कळपट अधिक आहे. परंतु चंद्राच्या आकर्षणाचा भरती-ओहोटीवर अधिक परिणाम होतो याचें कारण असें आहे कीं समुद्रास जी भरती येते ती, चंद्रसूर्याचें पृथ्वीच्या, त्यांच्याजवळील (त्यांच्याकडील) पृष्ठ भागावर जें आकर्षण असतें त्याहून तें पृथ्वीच्या मध्य बिंदूवर ज्या मानानें कमी होतें, त्या मानानें एकंदर पृथ्वीपेक्षां त्यांचेकडील (त्यांचे जवळील) तिच्या पृष्ठभागावरील पाणी त्यांचेकडे अधिक ओढलें जातें. (समुद्राचें पाणी बर्फासारखें घट्ट होऊन पृथ्वीस चिकटलेलें असतें तर त्यासही पृथ्वीवरील इतर घन द्रव्याप्रमाणें भरती-ओहटी झाली नसती, परंतु पाणी प्रवाही आहे व पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर हलूं शकतें, म्हणून चंद्र-सूर्याच्या अधिक आकर्षणामुळें पृथ्वीपासून किंचित् वर चढतें) आतां पृथ्वीची त्रिज्या सुमारें ४००० चार हजार मैल आहे. हें अंतर, सूर्यापासून तिचें जें महदंतर आहे त्याशीं ताडून पाहिलें असतां एकास २३२५० या प्रमाणांत आहे, परंतु हेंच अंतर चंद्रापासून तिचें जें (थोडें) अंतर आहे त्यांच्याशीं ताडून पाहिलें असतां एकास ६० या प्रमाणांत आहे. म्हणून सूर्याचें पृथ्वीच्या सूर्याकडील पृष्ठभागावर जें आकर्षण पडतें त्याहून तिच्या मध्यावर जें आकर्षण पडतें, तें फारसें कमी असत नाहीं. कारण पृथ्वीच्या पृष्ठभागापेक्षां तिच्या मध्याचें अंतर एकंदर अंतराच्या फक्त १/२३२५० सानीं अधिक होतें. त्यामुळें सूर्याचे पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील व मध्यावरील आकर्षणांत फरक थोडा असतो.

(पुढें चालू.)

समुद्राच्या ज्या ज्या भागावर चंद्र बरोबर डोक्यावर (अथवा मध्यान्हवृत्तावर)येतो,त्या त्या भागांवर त्याचे आकर्षणाचा जोर अधिक लागतो, व ते भाग चंद्राकडे अधिक ओढले जातात. तसेंच पृथ्वीच्या पलीकडच्या समुद्राच्या भागांवर चंद्राचें आकर्षण फार कमी असतें. त्यामुळें ते समुद्राच्या पाण्याचे भाग मागें राहतात; कारण, पृथ्वीवर जें चंद्राचें आकर्षण असतें, त्याहीपेक्षां तिच्या पलीकडील पाण्याच्या भागावर तें कमी असतें. याप्रमाणें पृथ्वीच्या दोहों बाजूंवर समुद्राचें पाणी एकदम चढतें. या दोन्ही बाजू पृथ्वी व चंद्र यांच्या मध्यबिंदूस जोडणाऱ्या सरळ रेषेंत असतात. एक

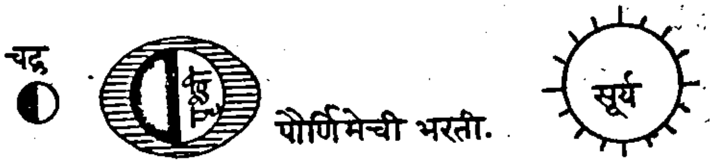
परंतु चंद्राचें तसें नाहीं. चंद्राचें एकंदर पृथ्वीवरील आकर्षण सूर्याच्या आकर्षणापेक्षां जरी पुष्कळपट कमी आहे तरी तो पृथ्वीच्याजवळ असल्यामुळें त्याचें पृथ्वीच्या त्याजकडील पृष्ठभागावर जें आकर्षण पडतें त्याहून तिच्या मध्यावर पुष्कळ कमी पडतें. कारण पृथ्वीचा चंद्राकडील पृष्ठभाग तिच्या मध्यापेक्षां एकंदर अंतराच्या $\frac{१}{६०}$ शांनीं जवळ असतो. म्हणून पृष्ठभागावर आकर्षण त्या मानानें अधिक असतें व मध्यावर कमी होतें. व मध्यावर जें आकर्षण असतें त्याहीपेक्षां तिच्या चंद्रापासून दूरच्या पृष्ठभागावर तें कमी असतें. म्हणून चंद्र पृथ्वीच्या आपलेकडील पृष्ठ भागावरील पाणी पृथ्वीच्या मध्यापेक्षां आपणाकडे अधिक जोरानें ओढून घेतो. व तें प्रवाही असल्यामुळें त्यास किंचित् चंद्राकडील बाजूस फुगवटा येतो व तेथें भरती होते. तसेंच पृथ्वीच्या मध्यावर जें चंद्राचें आकर्षण पडतें व घनपृथ्वीस तो ज्या जोरानें आपणाकडे ओढून घेतो त्यापेक्षां तिच्या पलीकडल्या समुद्राच्या पाण्यावर त्याचें आकर्षण कमी पडतें व तें पाणीही प्रवाही असल्यामुळें पृथ्वीबरोबर ओढलें न जातां किंचित् मागें राहतें व तेथें त्यास फुगवटा येऊन पृथ्वीच्या दुसऱ्या बाजूस म्हणजे चंद्रापासून दूरच्या बाजूवरही भरती उत्पन्न होते. सारांश सूर्य-चंद्रांच्या पृथ्वीच्या मध्यावर व पृष्ठभागावर कमी जास्त आकर्षणामुळें पृथ्वीवरील समुद्राच्या पाण्याची पृथ्वीपासून सारखी ओढाताण चालली आहे, त्यामुळें समुद्रास भरती येते.

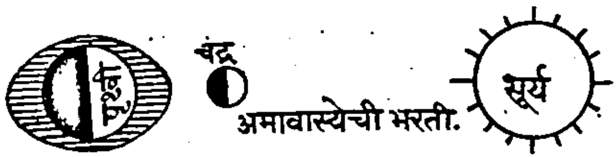
बाजू चंद्राकडील मध्यान्हवृत्तावर व दुसरी त्याच मध्यान्हवृत्ताच्या दुसऱ्या अर्धवर्तुळ भागावर असते.

यात्रमाणें चंद्र पूर्वेकडून पश्चिमेस प्रत्येक मध्यान्हवृत्तावरून जातां जातां त्यावर दर चोवीस तासांत दोन वेळां भरती उत्पन्न करितो; एक वेळ त्या मध्यान्हवृत्ताचे एका अर्धवर्तुलावर आला म्हणजे व दुसऱ्या वेळीं सुमारे बारा तासांनीं तो त्याच मध्यान्ह-वृत्ताच्या दुसऱ्या अर्धवर्तुलावर गेला म्हणजे.याप्रमाणें पृथ्वीच्या एका अर्धावर भरती झाली म्हणजे ती दुसरे अर्धावरही होतेच, म्हणून प्रत्येक वेळेस एकाच मध्यान्हवृत्ताचे पूर्ण वर्तुळावर दोन दोन ठिकाणीं अशी दोन वेळां भरती होते.

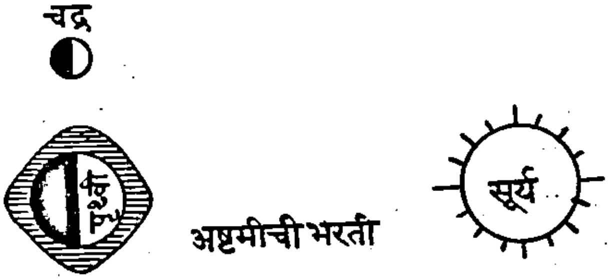
आतां हें जें समुद्राचें पाणी वर चढतें तें पहिल्या मध्यान्ह-वृत्तावरचें पाणी दुसऱ्या मध्यान्हवृत्तावर येऊन चढतें असें नाहीं. तर ज्या मध्यान्हवृत्तावर चंद्र असतो तेथीलच पाणी चढतें. तो तेथून पलीकडे गेला म्हणजे तें उतरतें. पाणी चंद्राबरोबर फिरत नाहीं, परंतु त्याला चंद्र समोर आहे तोंपर्यंत लाटेसारखा फुगवटा मात्र येतो. ज्या ज्या ठिकाणीं चंद्र माथ्यावर किंवा मध्यान्हवृत्तावर असतो त्या त्या ठिकाणीं हा फुगवटा अधिक असतो. ही चंद्राच्या आकर्षणामुळें समुद्रास आलेली भरती होय. याचप्रमाणें सूर्याच्या आकर्षणामुळें दोन भरत्या उत्पन्न होतात. त्या लहान असतात. परंतु चंद्र व सूर्य या दोघांच्या आकर्षणाचा मिळून परिणाम असा होतो कीं, चार निरनिराळ्या भरत्या न होतां, चंद्राच्या आकर्षणा-मुळें झालेल्या भरतीवर सूर्याचे आकर्षणाचा जोर लागून त्यांत फेरफार मात्र होतो. जेव्हां चंद्र व सूर्य हे एकाच मध्यान्हवृत्तावर असतात तेव्हां दोघांचें आकर्षण एकाच सरळ रेषेंत असल्यामुळें

सर्वांत मोठी भरती होते. अशी स्थिति अमावास्येस व पौर्णिमेस असते. अमावास्येचे दिवशीं चंद्र व सूर्य पृथ्वीच्या एकेच बाजूस असल्यामुळें ते एकदम मध्यान्हवृत्तावर येतात. व पौर्णिमेच्या दिवशीं ते एकाच मध्यान्हवृत्ताच्या दोन समोरासमोरील अर्धावर असतात, म्हणून त्या दोघांचें आकर्षण पौर्णिमेसही एकाच





आ. ४९



सरळ रेषेंत असतें व त्यामुळें मोठी भरती उत्पन्न होते. अष्टमीचे सुमारास चंद्र व सूर्य यांच्या पृथ्वीवरील आकर्षणाच्या दिशांमध्यें फार मोठा म्हणजे ९०° अंशाइतका कोन होतो, व त्यामुळें त्या दोन्हीही आकर्षणाचा परिणाम समुद्राच्या पाण्यावर फार कमी

होतो, म्हणून अष्टमीस सर्वांत लहान भरती उत्पन्न होते. अमावास्येस व पौर्णिमेस ज्या मध्यान्हवृत्तावर चंद्राच्या आकर्षणानें भरती उत्पन्न होते त्याच मध्यान्हवृत्तावर सूर्याचे आकर्षणानेंही भरती उत्पन्न होते. त्यामुळें दोन्ही आकर्षणाची मिळून मोठी भरती होते. परंतु अष्टमीचे सुमारास ज्या मध्यान्हवृत्तावर चंद्राच्या आकर्षणानें ओहोटी उत्पन्न होते त्याच मध्यान्हवृत्तावर सूर्याच्या आकर्षणानें भरती होते. व जेथें चंद्राच्या आकर्षणानें भरती येते तेथें सूर्याच्या आकर्षणानें ओहोटी येते. त्यामुळें अष्टमीस ओहोटीही पुरी होत नाहीं व भरतीही पुरी येत नाहीं. चंद्र व सूर्याची स्थिति पौर्णिमेस व अमावास्येस कशी असते व अष्टमीस कशी असते व त्यामुळें भरती-ओहोटींवर कसा परिणाम होतो हें वरील आकृतीवरून लक्ष्यांत येईल.

पृथ्वी जर बरोबर गोलाकार असती व तिच्या सभोंवतीं भूमध्यवृत्तावर पुष्कळ व सारख्या खोलीच्या समुद्राचें वेष्टण असतें तर भरती नियमित वेळीं व सारख्या उंचीची झाली असती व चंद्रसूर्याच्या आकर्षणामुळें या भरतीच्या लाटेचा अप्रतिबंध वेग एका तासांत (१०००) हजार मैल झाला असता व तिची उंची म्हणण्यासारखी झाली नसती. परंतु पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील जमिनीचे भाग, महाद्वीपें, निरनिराळ्या दिशेंत असणारे किनारे, समुद्राची निरनिराळी खोली, या सर्वांमुळें भरतीमध्यें फेरफार होतो. भरतीच्या लाटेस पहिल्यानें चंद्रसूर्यांबरोबर पश्चिमेकडे जाण्याची गति मात्र मिळते. या गतीस अडथळे आले म्हणजे पाण्यास जोर येतो. हे अडथळे, समुद्राचा उथळपणा, अखातांचे उंच किनारे खाड्यांचीं व नद्यांचीं मागें अरुंद होणारीं मुखें, यामुळें फार येतात

व त्यांमुळें भरतीच्या लाटांवर लाटा चढून किनाऱ्यावर पाण्याची उंची वाढते;म्हणजे पहिली लाट येते तिला एखाद्या अरुंद खाडीच्या किनाऱ्याचा अडथळा येऊन तिचें पाणी वर चढतें; इतक्यांत मागून दुसरी लाट येते ती पहिल्या लाटेस मागें येऊं न देतां आपणही वरती चढते; याप्रमाणें समुद्राकडे तोंडें रुंद असून जमिनीकडे अरुंद होत गेलेल्या अखातांत व खाड्यांत मुखाशीं भरतीचें पाणी फार चढतें. व त्यामुळें जमिनींवर लांब जाणाऱ्या खाड्यांत व नद्यांत भरतीचा प्रवाह उत्पन्न होतो.

जमिनीपासून दूर अशा अफाट समुद्रामध्यें भरतीची लाट कळूनसुद्धां येत नाहीं. व तिची उंचीही फार कमी असते. पासिफिक समुद्रांतील कित्येक बेटांत उधाणाचें पाणी फक्त ४ किंवा ६ फूट चढतें परंतु स्थानिक कारणामुळें भरतीची उंची कित्येक ठिकाणीं फार वाढते म्हणजे किनाऱ्याकडे समुद्र उथळ होत गेला असेल तर, खाड्या समुद्राकडे रुंद असून जमिनीकडे अरुंद होत गेल्या असतील तर, तसेंच अखातें, खाड्या व नद्या यांची मुखें भरतीचें पुष्कळ पाणी सहज आंत येऊं देण्यासारखीं रुंद व खोल असून पुढें अरुंद व उथळ होत गेलीं असतील, तर त्या ठिकाणीं भरतीचें पाणी फार चढतें.

अशा ठिकाणीं भरतीचें पाणी ३५ पासून ४५ फूट किंवा अधिकही चढतें. खंबायतचे आखातांत व हुगली नदींत याचप्रमाणें पाणी पुष्कळ चढतें. अशा ठिकाणीं भरतीमुळें जो प्रवाह उत्पन्न होतो, त्याचा वेगही फार असतो. कित्येक ठिकाणीं तर अशा स्थानिक कारणामुळें एकदम पहिल्यानेंच नद्यांच्या मुखांत भरतीची मोठी लाट शिरून ती मोठ्या वेगानें फोंफावत व फेंसाळत वर

व्राते व वाटेंत गलबतें, जहाजें वगैरे जें कांहीं असेल त्यांचा नाश करून टाकते. अशी लाट अमाझोन व हुगळी या नद्यांमध्यें येते, तिला बोअर (Bore) किंवा घोडा असें म्हणतात.

मराठी क्रमिक चौथ्या पुस्तकांत भागिरथीच्या लोंढ्याचें वर्णन केलें आहे. तें माहितीकारितां येथें उतरून घेतलें आहे. त्यावरून स्थानिक कारणाचे नद्यांच्या भरती-ओहोटीवर कसे परिणाम होतात व नद्याही व्यापारास किती उपयोगी पडतात तें कळून येईल व खलाशास भरती-ओहोटीच्या ज्ञानाची किती जरूरी आहे तें समजेल.

' भागिरथीच्या मुखांतून जें समुद्राच्या भरतीचें पाणी येतें तें क्रमानें चढत नाहीं तर समुद्राची भरती समा होण्याच्या सुमारास आली म्हणजे एकदम पाण्याचा लोंढा घोड्याप्रमाणें मोठ्या वेगानें धांवत येतो. पौर्णिमेस आणि अमावास्येस हा लोंढा २०० मैल-पर्यंत जाऊन पोहोंचतो. ह्या लोंढ्याची उंची मुखाजवळ बारा फूट असते. हा लोंढा कधीं सगळ्या तासांतून जात नाहीं.

तो कधीं ह्या बाजूनें व कधीं त्या बाजूनें जातो. त्याचा शब्दही मोठा भयंकर असतो. ह्याला घोडा असें म्हणतात.

गंगा नदीचा उपयोग म्हटला तर फारच आहे. व्यापाराचा हा एक मोठा मार्गच आहे. गंगा आणि तिला मिळणाऱ्या नद्या ह्यांत डोंगरापर्यंत देखील सहा महिने गलबतें चालण्याची सोय असते. ह्या नदींत गलबताच्या कामावर उपजीविका करणारे असे लोक एक लक्षाहून अधिक असतील. "

मराठी चौथें पुस्तक.

फार खोल व रुंद अशा अफाट समुद्रामध्यें भरती कळूनसुद्धां येत नाहीं. कारण अशा समुद्रांत भरती म्हणजे थोडा वेळ राहणारा समुद्राचा फुगवटा मात्र असतो. त्यापासून पाण्यांत प्रवाह उत्पन्न होत नाहीं व जवळ जमीन नसल्यामुळें त्याची उंचीही कळत नाहीं. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर भरती कसकशी पसरते, त्याचे नकाशे काढलेले असतात. व त्यांवर अमावास्येच्या किंवा पौर्णिमेच्या मोठ्या भरत्यांचें म्हणजे उधाणाचे पाण्याचा समा एकाच वेळीं होणारीं सर्व ठिकाणें कांहीं गोल रेषांनीं जोडून दाखविलेलीं असतात.

सरोवरासारखे जे समुद्र असतात त्यांस मुळींच भरती येत नाहीं; जसें काळा समुद्र व कास्पियन समुद्र. भूमध्य समुद्र व तांबडा समुद्र, ज्यांस पाणी जाण्यायेण्यास थोडासा रस्ता आहे त्यांस थोडी भरती येते.

अमावास्या व पौर्णिमेच्या दिवशीं जी भरती येते, त्यांहीपेक्षां द्वितीयेची व तितीयेची भरती अधिक मोठी असते. मोठ्या भरतीस उधाणाचें पाणी (Spring Tides.) असें म्हणतात. अष्टमी-सारख्या कमी भरतीस भांगाचें पाणी असें म्हणतात. पूर्ण भरती होऊन कांहीं वेळ पाणी स्थिर दिसतें, त्यास समा असें म्हणतात.

मोठी भरती अठ्ठावीस दिवसांनीं म्हणजे एक चांद्रमासानें फिरून होते. हवेंतील फेरफाराचा भरतीवर बराच परिणाम होतो. वारा भरतीस अनुकूळ असला तर भरती उंच चढते. तोच प्रतिकूळ असला तर थोडी चढते. तसेंच हवेचा दाब पाण्यावर अधिक पडल्यास पाणी थोडें चढतें व दाब कमी असल्यास अधिक चढतें. तें किती कमीजास्ती होतें, हें नक्की सांगतां येत नाहीं. तरी हवेच्या

भारमापक यंत्रांत एक इंच पारा उतरला असतां सातपासून वीस इंचपर्यंत भरतीचें पाणी चढतें, असा अदमास करण्यांत आला आहे.

पूर्ण भरतीची किंवा ओहोटीची वेळ हीं पाण्याच्या प्रवाहाच्या दिशेवरून कळून येत नाहीं. कारण पूर्ण भरती होऊन समुद्राचें पाणी उतरूं लागलें तरी तें नद्यांच्या मुखांतून व कित्येक खाड्यांतून वरती म्हणजे जमिनीकडे वाहत असतें. तसेंच पूर्ण ओहोट होऊन समुद्रांत पाणी चढूं लागलें तरी खाडीचें पाणी समुद्राकडे जातच असतें. जेथें समुद्राचें पाणी नद्यांमधून किंवा खाड्यांतून लांववर जमिनीकडे जातें, तेथें हा प्रकार विशेष दृष्टोत्पत्तीस येतो. समुद्रास जो भरतीचा उंचवटा येतो तो चंद्रसूर्यांच्या आकर्षणामुळें येतो. परंतु उंचीवरील पाण्यानें सखल जागेकडे जावें व आपला पृष्ठभाग सदोदित क्षितिजसमांतर राखावा, हा जो पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळें पाण्यांत धर्म उत्पन्न झाला आहे त्यामुळें पाण्यांत प्रवाह उत्पन्न होतात व त्यांची दिशा सदोदित सखल किंवा खोल जागेकडे जाण्याची असते. भरतीच्या वेळेशीं त्यांचा संबंध नसतो; तर उंचीशीं मात्र असतो.

सुधारलेल्या देशांतील प्रसिद्ध बंदरांतील दररोजच्या पूर्ण भरतीची व पूर्ण ओहोटीचीं कित्येक वर्षें मापें घेऊन पूर्ण भरती-ओहोटीची वेळ व त्या वेळीं पाण्याची उंची अनुभवानें ठरवून टाकिली असते. व त्यावरून पुढील वर्षांत दररोज पूर्ण भरती व ओहोटी केव्हां होईल व पाण्याची उंची त्या त्या बंदरांत त्या वेळीं किती

होईल, याचीं कोष्टकें करून तीं दर्यावर्दी लोकांकरितां सरकारांतून प्रसिद्ध होत असतात. अशीं कोष्टकें हिंदुस्थान सरकारही प्रसिद्ध करतें. त्यांत सुएज, एडन, हिंदुस्थानच्या पश्चिम व पूर्व किनाऱ्यांवरील बंदरें, व चिनांतील हांगकांग वगैरे बंदरांतील भरतीची व ओहोटीची दररोजची वेळ व त्या वेळीं असणारी पाण्याची उंची हीं दिलेलीं असतात. तीं दर्यावर्दी व इतर लोकांच्याही फार उपयोगीं आहेत. त्यांच्या साह्यानें गलबतें सुरक्षित रीतीनें बंदरांत नेतां येतात.

समुद्राच्या नकाशावर जे पाण्याच्या खोलीचे आंकडे दिलेले असतात, ते मोठ्या ओहोटीच्या म्हणजे जेव्हां समुद्राचें पाणी फार उतरतें, त्या पाण्याच्या सपाटीच्या खालीं समुद्राची खोली त्या ठिकाणीं किती वांव किंवा फादम आहे, तें दाखवितात. त्याचे फूट करून भरतीचे कोष्टकांत दाखविलेली त्या ठिकाणच्या भरतीच्या पाण्याची उंची त्यांत मिळवावी म्हणजे भरतीच्या वेळीं त्या ठिकाणीं पाणी किती फूट होईल, तें कळेल. व आपलें गलबत इतक्या पाण्यांतून जाईल किंवा नाहीं त्याचा अदमास काढतां येईल. आतां भरतीचें पाणी फार वेळ सारखें राहात नाहीं. अगदीं थोडा वेळ सारखें राहून पुनः उतरावयास लागतें. म्हणून पाणी चढावयाचें व उतरावयाचें काय प्रमाण आहे, तें कळलें पाहिजे. भरती पुरी झाल्यापासून ती पुरी उतरावयास म्हणजे पुरी ओहोट होण्यास सहा तास लागतात. याप्रमाणें एका अहोरात्रींत म्हणजे २४ तासांत दोन वेळां भरती व दोन वेळां ओहोटी होते.

भरतीच्या कोष्टकांत रोजच्या पूर्ण भरतीची व पूर्ण ओहोटीची वेळ व उंची दिलेली असते. त्यावरून त्या सहा तासांचे वेळांत पाण्याच्या सपाटींत किती अंतर पडतें तें काढतां येतें. एखाद्या बंदरांत हें अंतर १६ फूट आहे असें समजा. आतां पूर्ण भरती होई तोंपर्यंत सहा तासांतील प्रत्येक तासांत या सोळा फुटांपैकीं पाणी किती फूट चढतें, तें सांगू. पुष्कळ वेळां मापें घेऊन असें ठोकळ प्रमाण काढिलें आहे कीं, एकंदर भरतीची उंची जर १६ फूट असेल, तर पहिल्या तासांत सर्व उंचीचा १/१६ म्हणजे एक फूट पाणी चढतें, दुसऱ्या तासांत सर्व उंचीचें ३/१६ म्हणजे आणखी तीन फूट, तिसऱ्या तासांत आणखी ४/१६ म्हणजे ४ फूट चढतें. पांचव्या तासांत आणखी ३/१६ म्हणजे तीन फूट पाणी चढतें. म्हणजे भरतीची उंची १५ फूट होते. सहाव्या तासांत आणखी एक १/१६ म्हणजे एक फूट पाणी चढून भरतीची उंची पुरी सोळा फूट होतें.

ज्या प्रमाणानें पाणी चढतें, त्याच प्रमाणानें बहुतकरून उतरतें.

तास.	उंची फूट.	अंश.	
५	१६		१
५	१५		३
४	१२		४
३	८		४
२	४		३
१	१		१

आकृति ५०

या नियमावरून भरती किंवा ओहोटी सुरू झाल्यापासून पुरी होईपर्यंत मधील वेळांत पाणी किती चढलें किंवा उतरलें तें काढतां येईल. दुसऱ्या एका बंदरांत पूर्ण भरती व ओहोटीच्या वेळांच्या

पाण्याच्या सपाटीमधील अंतर बारा फूट आहे असें समजा. तर १२ फुटांचा १/१६ म्हणजे ९ इंच पाणी पहिल्या तासांत चढेल, ३/१६ म्हणजे २७ इंच किंवा २' – ३" पाणी दुसऱ्या तासांत चढेल व भरतीची उंची ३ फूट होईल. ४/१६ म्हणजे ३६" किंवा ३ फूट पाणी तिसऱ्या तासांत चढेल व भरतीची उंची एकंदर ६ फूट होईल. पुनः ४/१६ म्हणजे ३६" किंवा ३ फूट पाणी चवथ्या तासांत चढेल व भरतीची एकंदर उंची ९ फूट होईल. ३/१६ म्हणजे २७" म्हणजे २ – ३" पाणी पांचव्या तासांत चढेल व एकंदर भरतीची उंची ११ फूट ३ इंच होईल. १/१६ म्हणजे आणखी ९" पाणी सहाव्या तासांत चढेल व भरतीची पूर्ण उंची १२ फूट होईल व पूर्ण भरती होईल.

आतां पूर्ण भरती ६ तासांत बारा फूट चढली असतां प्रत्येक तासांत याच्या उलट रीतीनें उतरत जाईल म्हणजे पहिल्या तासांत तिची उंची ११' – ९" होईल. दुसऱ्या ९ फूट राहील. तिसऱ्या तासांत ६ फूट राहील. चवथ्या तासांत ३ फूट राहील. पांचव्या तासांत ९ इंच राहील व सहाव्या तासांत पुरी ओहोट होईल.

हें भरती चढण्याचें व उतरण्याचें ठोकळ प्रमाण आहे. भरतीच्या कोष्टकांत पूर्ण भरतीची वेळ व उंची, व पूर्ण ओहोटीची वेळ व उंची, दिलेली असते. त्यावरून मधील वेळांतील उंची या प्रमाणांत काढतां येईल.

एक (रात्रीची) भरती पुरी झाल्यापासून दुसरी (दिवसाची) भरती पुरी होईतोंपर्यंत सरासरी १२ तास व २५ मिनिटें लागतात. पूर्ण

भरतीची रोजची वेळ भरतीच्या कोष्टकांत दिलेली असते; त्यावरून किंवा चंद्र मध्यान्हवृत्त ओलांडून गेल्यावर किती वेळानें पूर्ण भरती होते त्याचा प्रत्येक बंदरांत अनुभवानें अंदाज काढून ठेवून, त्यावरून पूर्ण भरतीची वेळ काढावी. तिथीवरून वेळ काढून ती सर्व बंदरांस सारखी लावणें हें चुकीचें आहे. कित्येक बंदरांत तिथीवरून काढलेल्या वेळेंत व खऱ्या भरतीच्या वेळेंत एक किंवा दोन तासांचें अंतर पडतें. प्रत्येक बंदराच्या परिस्थितीवरून वेळेंत फेर पडतो तो अनुभवानेंच पाहून काढिला पाहिजे. भरतीचीं कोष्टकें* पूर्ण अनुभव घेऊन केलेलीं असतात. त्यांचा उपयोग केला असतां कोणत्याही प्रसिद्ध बंदरांत आपलें गलबत खलाशांस सुरक्षित रीतीनें नेतां येईल.

---

* हीं भरती ओहोटीचीं कोष्टकें सर्व्हे आफ इंडिया, पार्टि २५ टायडल आइलेन्हलिंग आपरेशन, डेराडून, यांजकडे मिळतात.

भाग १६ वा.

नाविक ज्योतिष.

मागील कित्येक भागांत पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील दोन कल्पित मोठ्या वर्तुलापासून—म्हणजे भूमध्यवृत्त व ग्रीनिचमधून जाणारे प्रथम याम्योत्तर-(मध्यान्ह) वृत्त या कल्पित वर्तुलापासून—गलबताचें अंतर—म्हणजे त्याचे अक्षांश व रेखांश हीं, पृथ्वीवरीलच दुसऱ्या माहीत असलेल्या किंवा नकाशावर दाखविलेल्या स्थलावरून, काढण्याच्या निरनिराळ्या रीति सांगितल्या. त्यांत विशेषतः घडी पाटली, होकायंत्र, बुडिद, व समुद्राचे नकाशे (चार्टस Charts) यांचें सहाय्य घ्यावें लागतें, म्हणून त्यांचे उपयोग कसे करावे तें सांगितलें. त्यांत योजिलेल्या सरळ पातळी त्रिकोनमितीनें गणित करण्याच्या रीति बरोबर आहेत; परंतु मापें घेण्याचीं साधनें बरोबर नसल्यामुळें गणितांत चुकी होण्याचा संभव आहे. हें गणित पडताळून पहाण्याकरितां गलबताचे अक्षांश व रेखांश मधून मधून ज्योतिष शास्त्राच्या आधारानें काढितात.

आकाशांतील तारे, ग्रह, व उपग्रह, म्हणजे सूर्यचंद्रादि स्वस्थ पदार्थ, यांचे वेध घेऊन गलबताचें पृथ्वीवरील स्थळ नक्की करणें—म्हणजे त्याचे अक्षांश, रेखांश काढणें—या विद्येस नाविक ज्योतिष

असें म्हणतात. ज्योतिःशास्त्राची नौकागमनाचे उपयोगीं जी शाखा ती नाविक ज्योतिष होय.

खस्थ पदार्थांचे वेव (मापें) घेण्याकरितां व त्यावरून गलबताचें स्थळ नक्की करण्याकरितां तुरीय यंत्रें, कृत्रिम क्षितिज, सूक्ष्मकालदर्शक घड्याळें (क्रानामीटर) व नाविक पंचांग (नाटिकल अल्म्यानाक) यांची जरूर लागते. यांच्या साह्यानें खस्थ पदार्थांचें क्षितिजापासून व आकाशांतील दोन मोठीं वर्तुळें म्हणजे विषुवचक्र व आकाशांतील मध्यान्हवृत्त यांपासून, त्यांचें कोनात्मक अंतर काढून त्यावरून गलबताचें पृथ्वीवरील ठिकाण काढण्याच्या रीती पुढें सांगूं! सध्या या विषयास जरूर अशा व्याख्या सांगितल्या पाहिजेत.

विभाग १ ला.

नाविक ज्योतिषांतील व्याख्या.

१. **सरळ पातळी**—ज्यास लांबी व रुंदी मात्र असते परंतु जाडी नसते, अशा सपाट क्षेत्रास किंवा पृष्ठभागास सरळ पातळी असें म्हणतात. सरळ पातळी पाहिजे तितकी रुंद व लांब अशी चोहोंकडे वाढवितां येते.

२. **विषुवचक्र किंवा आकाशांतील विषुववृत्त.**—पृथ्वीवरील भूमध्यवृत्ताची अथवा विषुववृत्ताची पातळी अमर्याद वाढविली असतां ती आकाश गोलास मिळून जें एक मोठें वर्तुल होईल, त्यास विषुवचक्र किंवा आकाशांतील विषुववृत्त असें म्हणतात.

३.*क्रांतिवृत्त.—आकाशगोलांत तारांमधून सूर्य एका वर्षांत ज्या वर्तुलमार्गानें फिरतोसा दिसतो. त्यास क्रांतिवृत्त म्हणतात. हें एक आकाशांतील मोठें वर्तुल आहे. वास्तविक क्रांतिवृत्त हा पृथ्वीचा सूर्याभोंवतीं वार्षिक प्रदक्षिणा करण्याचा मार्ग (म्हणजे पृथ्वीची कक्षा) होय. क्रांतिवृत्ताची पातळी विषुववृत्ताच्या पातळीशीं सुमारें २३½° अंशाचा कोन करिते. म्हणून सूर्य वर्षांतून एक वेळ विषुववृत्ताच्या उत्तरेस २३½° पर्यंत व एक वेळ दक्षिणेस २३½° अंशपर्यंत जातोसा दिसतो.

---

* टीप. क्रांतिवृत्त पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर दाखवितां येत नाहीं. फक्त त्याचा विषुववृत्ताशीं तिरपेपणा मात्र दाखवितात. कारण, पृथ्वी आपल्या आंसाभोंवतीं दररोज एक वेळ फिरते, तेव्हां तिचे पृष्ठभागावरील प्रत्येक बिंदु विषुववृत्ताशीं समांतर अशा वर्तुलांत फिरतो. परंतु क्रांतिवृत्ताची पातळी पृथ्वीबरोबर फिरत नाहीं. तर पृथ्वी आपल्या आंसाभोंवतीं रोज फिरत फिरत क्रांतिवृत्ताच्या पातळीमधून वर्षांतून एक वेळ सूर्याभोंवतीं फिरते. म्हणून क्रांतिवृत्ताच्या पातळीनें पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर प्रत्येक दिवशीं उष्ण कटिबंध हा एक पट्टाच ओढिला जातो असें म्हटलें तरी चालेल.त्यामुळें क्रांतिवृत्त पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर कायमचें दाखवितां येत नाहीं. त्याचा विषुववृत्ताशीं तिरपेपणा मात्र तुटक रेषेनें दाखवितात.

पृथ्वीस आपल्या आंसाभोंवतीं फिरण्याची दैनंदिन गति नसते व वर्षांतून एक वेळ क्रांतिवृत्तांत सूर्याभोंवतीं फिरण्याची एक वार्षिक गति मात्र असते, तर तिजवर क्रांतिवृत्त कायमचें दाखवितां आलें असतें. आतां पृथ्वीच्या दैनंदिन गतीमुळें तिचे पृष्ठभागावर

क्रांतिवृत्त जरी दाखवितां येत नाहीं, तरी पृथ्वीच्या कक्षेची पातळी अमर्याद वाढविली असतां ती आकाश गोलास जेथें छेदील तें क्रांतिवृत्त होय व तें तारांमधून विषुवचक्राप्रमाणेंच आकाश गोलावर दाखवितां येतें.

३.(अ)क्रांतिसीमा.—पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर भूमध्य-वृत्ताशीं समांतर व त्याचें उत्तरेस २३½° वर एक, व दक्षिणेस २३½° वर एक, अशीं जीं दोन लहान वर्तुळें कल्पिलीं आहेत त्या क्रांतिसीमा होत. उत्तरेकडील क्रांतिसीमेस **कर्कवृत्त** म्हणतात; व दक्षिणेकडील क्रांतिसीमेस **मकरवृत्त** म्हणतात. हीं वृत्तें सूर्याच्या वार्षिक उत्तरायण व दक्षिणायन या गतींच्या अगदीं उत्तरेकडील व दक्षिणेकडील सीमा होत. या दोन वृत्तांमधील प्रदेशांवर सूर्याचे किरण वर्षांतून दोन वेळां लंब पडतात. म्हणून त्यास उष्ण-कटिबंध असें म्हणतात. या प्रदेशांत वर्षभर दिवस व रात्र हीं बहुतेक सारख्याच लांबीचीं असतात.

४. आकाशांतील ध्रुव.—पृथ्वीचा आंस वाढविला असतां तोच आकाशाचा आंस होतो, व तो ज्या दोन बिंदूंत आकाश गोलास मिळतो, तीं त्याचीं टोंकें ते आकाशांतील ध्रुव होत; या आकाशाच्या आंसाभोंवतीं सर्व भचक्र (आकाशांतील तारामंडळ) दर २४ तासांत एक वेळ फिरतेसें दिसतें व त्याचीं तीं टोंकें (आकाशांतील ध्रुव हे) विषुवचक्रांतील (आकाशांतील विषुववृत्ताच्या) प्रत्येक बिंदूपासून ९०° अंशावर असतात. त्यांतील पृथ्वीच्या उत्तर ध्रुवासमोरील टोंक, तो आकाशांतील उत्तर ध्रुव, पृथ्वीच्या दक्षिण ध्रुवासमोरील टोंक, तो आकाशाचा दक्षिण ध्रुव होय.

५. खस्वस्तिक.—पाहणाराच्या बरोबर डोक्यावर जो आकाशांतील बिंदु असतो त्यास खस्वस्तिक असें म्हणतात. हा बिंदु भूमध्यांतून जाणाऱ्या क्षितिजांतील प्रत्येक बिंदूपासून ९०° अंशावर असतो. खस्वातिक हा बिंदु पृथ्वीवरील पहाणाराचें स्थल आकाश गोलावर दाखवितो. म्हणून पृथ्वीवरील पहाणारांच्या स्थलांचे अक्षांश व रेखांश काढण्याकरितां जे चंद्रसूर्यादि खस्थ पदार्थाचे वेध घेतात त्यांचा उद्देश आपलें खस्वस्तिक हा आकाशांतील बिंदु, आकाशांतील विषुवचक्र, व ग्रीनिच मधून जाणारें आकाशांतील याम्योत्तर यांचेपासून किती अंतरावर आहे हें नक्की करण्याचा असतो.

६. अधःस्वस्तिक.—खस्वस्तिक हा जसा आपलें डोक्यावरील आकाशांतील अगदीं वरचा बिंदु आहे तसा त्याचे समोरील अधःखस्तिक हा आपले पायाखालील आकाशांतील अगदीं खालचा बिंदु होय.

७. दृश्यक्षितिज.—जेथें आकाश व समुद्र अथवा सपाट जमीन हीं मिळालीं आहेत असें दिसतें त्या लहान वर्तुलास दृश्य क्षितिज अथवा क्षितिज असें म्हणतात.

८. स्पर्शक्षितिज.—पृथ्वीचे पृष्ठभागास स्पर्श करून पहाणाऱ्यांचे पायाखालून जाणारी सरळ पातळी चोहोंकडे आकाशास मिळेल अशी अमर्याद वाढविली असतां जें वर्तुल होतें, त्यास स्पर्श क्षितिज असें म्हणावें.

ही पातळी जेथें पृथ्वीच्या पृष्ठभागास स्पर्शकरिते तेथून खालीं लंब काढिला तर तो पृथ्वीच्या मध्यबिंदूतून जातो.

९. भूमध्यक्षितिज.—स्पर्शक्षितिजाशीं समांतर असणारी व पृथ्वीच्या मध्यबिंदूतून जाणारी सरळ पातळी अमर्याद वाढविली असतां ती जेथें आकाशास मिळेल त्या वर्तुलास भूमध्यक्षितिज असें म्हणावें.

१०. क्षितिजाचा कल.—(क्षितिजनति) पहाणाऱ्याच्या डोळ्यांपासून दृश्यक्षितिजापर्यंत एक रेघ काढिली असतां तिचा स्पर्शक्षितिजाशीं जो कोन होतो त्यास दृश्य क्षितिजाचा कल असें म्हणावें.

पहाणाराची उंची जसजशी अधिक होते तसतसें दृश्यक्षितिज हें वर्तुल डोळ्याच्या सपाटीच्या खालीं जातें, त्याची त्रिज्या वाढते. म्हणजे तें मोठें होतें, व त्याचा कलही वाढत जातो.

११. लंबवृत्तें.—(Vertical or Azimuth cirelee or circles of Altitude) क्षितिजाशीं लंब होऊन खस्वस्तिक व अधःस्वस्तिक या आकाशांतील दोन्ही बिंदूंमधून जाणारीं मोठीं उभीं वर्तुलें त्यांस लंबवृत्तें म्हणावीं.

१२. मुख्य लंबवृत्त.—(Prime Vertical) क्षितिजांतील पूर्व व पश्चिम ह्या बिंदूंतून जें लंबवृत्त जातें त्यास मुख्य लंबवृत्त म्हणावें. संपात बिंदूंत असला म्हणजे सूर्य थेट पूर्वबिंदूंत उगवतो, व पश्चिम बिंदूंत मावळतो.

१३ संपातबिंदु.—आकाशांतील विषुवचक्र व क्रांतिवृत्त हीं दोन मोठीं वर्तुलें ज्या दोन बिंदूंत परस्परांस छेदितात त्या बिंदूंस संपातबिंदु असें म्हणतात. क्रांतिवृत्तांत सूर्य फिरत असतांना, प्रतिवर्षी या दोन बिंदूंतून एक एकदां जातो असें दिसतें. उत्तरेकडे जातांना मार्चच्या २० व्या तारखेस सूर्य ज्या संपातबिंदूंत येऊन उत्तर गोलार्धांत शिरतो त्यास वसंतसंपात, मेषसंपात किंवा उत्तरसंपात असें म्हणतात. त्या वेळीं वसंतऋतु असतो. सूर्य दक्षिणगोलार्धांत जातांना सप्तंबरच्या २२ तारखेच्या सुमारास ज्या संपातांत असतो त्यास शरत्संपात, तुलासंपात, अथवा दक्षिणसंपात

असें म्हणतात. या वेळीं शरदृऋतु असतो. संपातबिंदूंत सूर्य असतो त्या दिवशीं सर्व पृथ्वीवर दिवसाएवढीच रात्र असते. म्हणजे बरोबर १२ तासांचा दिवस व बारा तासांचीच रात्र असते.

१४. अयनांत बिंदु किंवा (सायन) मुख्यसंक्रमण बिंदु.—(Solstices) क्रांतिवृत्तांत, म्हणजे सूर्याच्या वार्षिक गमनमार्गांत, संपातबिंदूपासून ९० अंशावर जे दोन बिंदु असतात त्यांस अयनांत बिंदु म्हणावें. हेच सायन मुख्य संक्रमणबिंदु होत. ह्या बिंदूंत सूर्य आला म्हणजे तो विषुवचक्रापासून अतिशय दूर म्हणजे सुमारें२३½° उत्तरेकडे व तितकाच दक्षिणेकडे असतो, व त्या वेळीं तो तेथें क्रांतिसीमावृत्तास स्पर्श करितोसा दिसतो. दिसेंबरच्या २१ व्या तारखेचे सुमारास सूर्य दक्षिणायनांत बिंदूंत असतो व त्या दिवशीं सायन मकरसंक्रांति होते. तेव्हां हिंवाळा असतो. जूनच्या २१ व्या तारखेचे सुमारास सूर्य उत्तरायणांत बिंदूंत असतो. तेव्हां उन्हाळा असतो व त्या दिवशीं सायन कर्कसंक्रांति होते.

१५. क्रांति.—आकाशांतील तारादिकांचे विषुववृत्तापासून उत्तरेकडे किंवा दक्षिणेकडे जें अंतर त्यास क्रांति म्हणावें. हें पृथ्वीवरील अक्षांशासारखें आहे. व तें त्या तारादिस्वस्थ पदार्थांतून जाणाऱ्या आकाशांतील याम्योत्तरावर मोजितात.

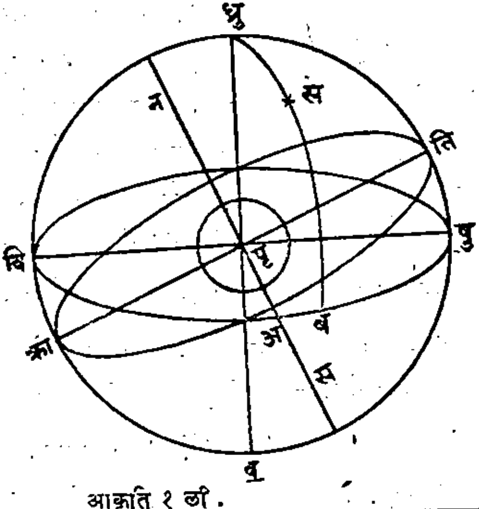
१६. मेषसंपात.—(First Point of Aries) आकाशांतील विषुवचक्र व क्रांतिवृत्त यांचा दोन संपात-बिंदूंत छेद होतो त्यांपैकीं वसंत संपातबिंदूंत जो छेद होतो, त्यास मेषसंपात (किंवा प्रथमसंपात) म्हणतात. कांहीं कालापूर्वीं वसंतसंपात मेष राशींत होता, परंतु तो हळुहळू चलन पावत आहे, तरी त्याला अजून मेषसंपात असेंच म्हणतात.

१७. *विषुवांश.—आकाशांतील तारादिकांचे मेषसंपातापासून पूर्वेकडे विषुवचक्रावर मापिलेलें अंशकलात्मक अंतर यास **विषुवांश** म्हणतात. यास इंग्रजींत राइट असेनूशन (Right Assension) म्हणतात. व ३६० अंशांचे २४ तास धरून ते कलाक, मिनिटें, सेकंड असें दाखवितात.

" वसंतसंपात आणि ध्रुव ह्यांतून जाणारें जें वृत्तार्ध तें आकाशांतलें मुख्य याम्योत्तर वृत्त होय. ह्यापासून (पूर्वेस मोजिलेलें) आकाशस्थ ज्योतीचें जें अंतर त्यास विषुवांश म्हणतात. हें अंतर तारेवरून जाणारा लंब, विषुववृत्तास जेथें छेदितो, तो बिंदु आणि वसंतसंपात ह्यांमध्यें विषुववृत्तावर मोजितात. हें त्या संपातापासून पूर्वेस मोजितात."

ज्योतिर्विलास. (पृष्ठ २९.)

या व्याख्यांचें स्पष्टीकरण—

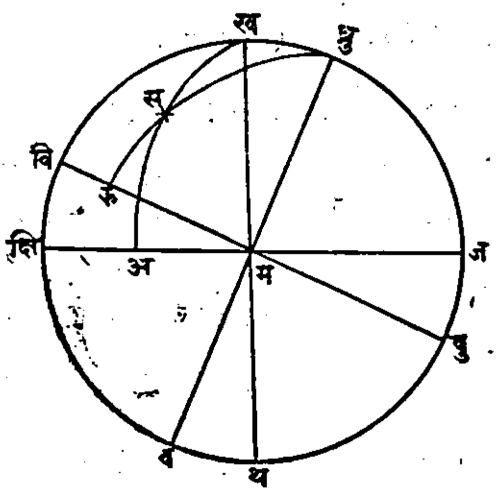


आकृति १ ली.

बाजूस काढिलेली आकृति हा आकाश गोलाचा एका सरळ पातळीवर काढिलेला (परस्पेटिव्ह व्ह्यू Perspecive view) देखावा आहे असें समजा. त्यांत पृ ही पृथ्वी आहे. वि अ षु हें विषुवचक्र आहे. ध्रु आणि ध्रु हे त्याचे ध्रुव आहेत. क्रां अ ति हें क्रांतिवृत्त आहे.

टीपः—(विषुवांश हे पृथ्वीवरील रेखांशासारखे आहेत व मेषसंपात हा बिंदु पृथ्वीवरील ग्रीनिच स्थलासारखा आहे. कारण, त्यांतून आकाशांतील प्रथम याम्योत्तर जातें.)

क्रांतिवृत्त विषुववृत्तास दोन बिंदूंत छेदितें. त्यांतील एक अ हा बिंदु विषुवसंपात किंवा मेषसंपात आहे असें माना. स हा सूर्य अगर एक तारा आहे असें समजा. स मधून स ब हा विषुववृत्तावर लंब काढा. तर अ ब हें विषुवांश (मेषसंपातांतर) होय. ब स ही त्याची क्रांति होय व स ध्रु हें त्याचें ध्रुवांतर होय.

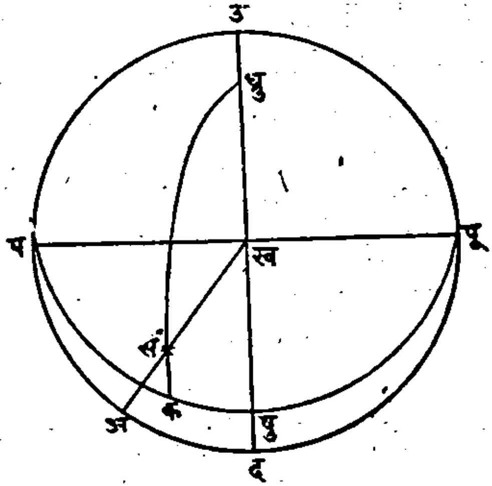


आकृति २ री.

आकृति २ री हें आकाश गोलाचे मध्यान्हवृत्ताच्या पातळीवर काढिलेलें चित्र (प्रोजेक्शन Projection) आहे. ध्रु, वि व पु ज हें एक याम्योत्तर अथवा मध्यान्हवृत्त आहे. क्षि ज हें पहाणारांचें क्षितिज आहे. क्षि हा दक्षिणबिंदु आणि ज हा उत्तरबिंदु आहे. म हा क्षितिजांतील पूर्व किंवा पश्चिम बिंदु आहे असें समजा. ध्रुव हा आकाशाचा अ क्ष किंवा आंस आहे; ध्रु हा उत्तर ध्रुव आणि व हा दक्षिण ध्रुव आहे. विपु हें आकाशाचें विषुवचक्र आहे. ख हें खस्वस्तिक आणि घ हें अधःस्वस्तिक, ख, म, घ, हें पहिलें किंवा (Pime Verticol) मुख्य लंबवृत्त होय. म हा पृथ्वीचा व आकाश गोलाचा मध्य आहे, व स हा एक आकाशांतील तारा किंवा खस्थ पदार्थ आहे असें समजा; तर

अ स ही त्याची क्षितिजापासून उंची होय. स ख हें त्याचें खस्वस्तिकपासून अंतर होय. व अ स ख हें स मधून जाणारें एक लंबवृत्त होय. आतां ध्रु स क हें एक याम्योत्तर स मधून काढिलें तर तें क बिंदूशीं विषुववृत्तास छेदितें, तेथून स चे जें क स हें अंतर ती सची क्रांति होय व ध्रु स हें त्याचें ध्रुवांतर होय.

खस्थ पदार्थांची स्थिति आकाश गोलावर दाखविण्याची एक तिसरी रीति आहे. तींत ख-गोलाचें म्हणजे आकाश-गोलाचें चित्र (Projection) क्षितिज पातळीवर काढिलें आहे, असें मानितात. म्हणजे पाहणारा खस्वस्तिकावर जाऊन तेथून पृथ्वीच्या मध्याकडे पाहात असतां त्यास खगोल कसा दिसेल त्याचें हें चित्र आहे. (आकृति २ री पहा.)



आकृति २ री.

यांत उ प द पू हें क्षितिज आहे; ख हें खस्वस्तिक आहे; प, पश्चिम, पू. पूर्व, उ, उत्तर व द, दक्षिण आहे; म्हणून उ ख द हें मध्यान्हवृत्त आहे; व प, ख, पु हें मुख्य लंबवृत्त आहे, प, पू पू हें विषुववृत्त आहे, ध्रु, हा ध्रुव आहे व स हा एक खस्थ पदार्थ आहे आणि अ स ख हें त्यामधून जाणारें एक लंबवृत्त आहे, असें

समजा. तर अ स ही त्या पदार्थाची उंची होय. स ख हें त्याचें खस्वस्तिकांतर होय. ध्रु स क हें समधून जाणारें याम्योत्तर काढिलें असतां तें विषुववृत्तास कमध्यें छेदितें. तर क स ही सची क्रांति होय व स ध्रु हें त्याचें ध्रुवांतर होय.

१८. **वक्रीभवन.**—आकाशांतील तारादिकांचे किरण पृथ्वीच्या वातावरणाच्या जाड थरांत शिरतांना तें त्या स्थळीं वातावरणांत काढलेल्या लंबाकडे किंचित् आकर्षिले जातात. त्यामुळें ते खस्थ पदार्थ असतील त्याहून अधिक उंच दिसतात; याप्रमाणें पातळ द्रव्यांतून घनद्रव्यांत जातांना किरण वांकडे झाल्यामुळें तारादिकांच्या पाहिलेल्या उंचींत व खऱ्या असणाऱ्या उंचींत जो फेर पडतो, त्यास **वक्रीभवन** असें म्हणतात. खस्थ पदार्थ क्षितिजाजवळ असतांना वक्रीभवन फार असतें, व तें कमी कमी होत खस्वास्तिकाशीं अगदीं नाहींसें होतें.

१९. **लंबन.**—स्वस्थ पदार्थ, पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून, व त्याच वेळीं पृथ्वीच्यामध्यबिंदूतून, पाहिलें असतां त्यांच्या दर्शनरेषांत जो कोन होतो त्यास **लंबन** असें म्हणावें. हा कोन, त्या खस्थ पदार्थाच्या मध्यापासून पृथ्वीवरील पहाणाऱ्याच्या ठिकाणच्या पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या दोन टोंकांपर्यंत दोन सरळ रेषा काढिल्या असतां त्यांच्यामध्यें, त्या खस्थ पदार्थाच्या मध्याशीं जो कोन होतो, त्याचेएवढा असतो. हा कोनही वक्रीभवनाप्रमाणें क्षितिजाशीं मोठा असतो व ख स्वस्तिकीं नाहींसा होतो. कारण, पहाणाऱ्याच्या ठिकाणची पृथ्वीची त्रिज्या वाढविली असतां ती खस्वस्तिकामधून जाते. म्हणजे खस्वस्तिकीं असणाऱ्या खस्थ पदार्थाच्या मध्यांतून पृथ्वीवरील पहाणाराच्या ठिकाणच्या भू-त्रिज्येचीं दोन टोंकें सांधणारी एकच सरळ रेषा असते त्यामुळें कोन होत नाहीं.

२०. **स्पष्ट अथवा दृश्य रवि.**—खरा सूर्य जो पृथ्वीच्या दैनंदिन गतीमुळें रोज पृथ्वीभोंवतीं फिरतोसा दिसतो, व जो पृथ्वीच्या वार्षिक गतीमुळें तारांमधून वर्षांतून एक प्रदक्षिणा करतोसा दिसतो तो **स्पष्ट अथवा दृश्य रवि** होय.

२१. **मध्यमरवि.**—पृथ्वी आपल्या कक्षेंत एक वर्षांत सूर्याभोंवतीं फिरतांना तिची गति कांहीं वेळ मंद व कांहीं वेळ जलद होते. उत्तर गोलार्धांतील हिंवाळ्यांत ती फार जलद चालते व तेथील उन्हाळ्यांत ती फार सावकाश चालते; त्यामुळें स्पष्ट सूर्य कांहीं वेळ जलद व कांहीं वेळ मंद चालतोसा दिसतो. परंतु ज्योतिष्यास सारखा वेळ मोजण्याचें कांहीं साधन पाहिजे म्हणून स्पष्ट रवि आपल्या अनियमित गतीनें क्रांतिवृत्तांत फिरत असतां त्याचे वार्षिक गतीचें मध्यम मान काढून त्या गतीनें विषुववृत्तांत एक कल्पित सूर्य फिरत आहे असें मानितात, त्यास **मध्यम रवि** असें म्हणतात. पृथ्वीच्या अनियमित वार्षिक गतीमुळें हा **मध्यमरवि** पहाणाऱ्याच्या मध्यान्हवृत्तावर दृश्य (स्पष्ट) रवीच्या कधीं आधीं येईल व कधीं मागून येईल.

२२. **स्पष्टकाल.**—स्पष्ट अथवा दृश्य रवि कोणत्याही ठिकाणच्या मध्यान्हवृत्तापासून पश्चिमेकडे किती गेला तो कोन ज्या कालानें दाखवितात त्यास **स्पष्टकाल** असें म्हणतात.

२३. **मध्यमकाल.**—कोणत्याही ठिकाणच्या मध्यान्हवृत्तापासून मध्यमरवि पश्चिमेस किती गेला तो कोन ज्या कालानें दाखवितात त्यास मध्यमकाल म्हणतात.

२४. **कालसमीकरण** किंवा **कालभेद.**—स्पष्ट काल व मध्यमकाल यांच्यामधील जें अंतर त्यास **कालसमीकरण** किंवा **कालभेद** म्हणतात.

———

नाविक ज्योतिष.

विभाग २ रा. यंत्रसाधनें व नाविक पंचांग.

(१) **कमान.**—सेक्सटंट, किंवा वर्तुल षष्ठांशयंत्र, व काड्रंट किंवा तुरीययंत्र.

षष्ठांशयंत्र व तुरीययंत्र हीं दोन पदार्थांमधील कोन मापण्याचीं दोन यंत्रें आहेत. या दोहोंसही खलाशी लोक कमान असें म्हणतात. या दोन्ही यंत्रांत दोन आरशांच्या साह्यानें एका पदार्थाचें प्रतिबिंब दोन वेळां परावर्तन करून तें दुसऱ्या पदार्थावर पाडितात व त्यावेळीं त्या दोन आरशांमध्यें जो कोन होतो तो मापितात, व त्यावरून त्या दोन पदार्थांमधील कोन काढितात. या दोहोंचाही उपयोग विशेषतः क्षितिजापासून खस्थ पदार्थांची (म्हणजे तारादिकांची) उंची मापण्याकडे, किंवा खस्थ पदार्थांचीं कोनात्मक अंतरें मापण्याकडे करितात.

षष्ठांशयंत्रांतील अंशकला मापणारा कंस (किंवा कमान) हा वर्तुलाचा सहावा भाग म्हणजे ६० अंशाचा असतो तरी त्यावर दोन परावर्तक आरशांच्या योगानें १२० अंशापर्यंत कोन मापितां येतात.

तुरीययंत्र हा वास्तविक वर्तुलाचा आठवा भाग असतो तरी त्यावर दोन परावर्तक अरशांच्या योगानें ९० अंशापर्यंत कोन मापितां येतात.

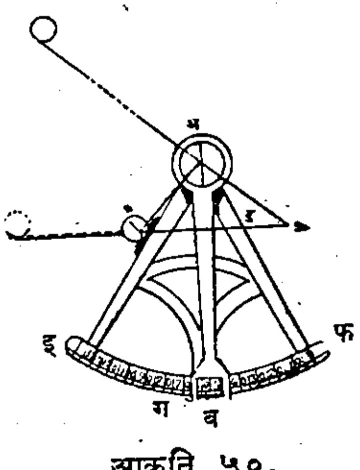
दर्शनानुशासनाच्या ज्या नियमांच्या आधारें षष्ठांशयंत्रें करितात त्याच नियमांच्या आधारें तुरीययंत्रें करितात. फक्त कोन मापणाऱ्या दोहोंच्या कंसाच्या कोनात्मक लांबींतमात्र वर सांगितलेला फेर असतो. इतर सर्व भाग सारखेच असतात. व एकाचें वर्णन केलें असतां तें दुसऱ्यासही लागू पडतें म्हणून येथें षष्ठांशयंत्राचेंच (सेक्टंटचेंच) वर्णन करूं.

दर्शनानुशासन शास्त्रांतील ज्या नियमांच्या आधारें सेक्स्टंट व क्वाड्रंट तयार करितात ते नियमः—

नियम १ ला.—एका सरळ व परावर्तक पातळीवर प्रकाशाचे किरण पडले असतां ते त्या पातळीशीं पडतांना जेवढा कोन करितात तेवढाच कोन करून परावर्तन पावतात व ते मूळ किरण आणि त्यांचें परावर्तन पावलेले किरण हे एकाच सरळ पातळींत असतात. म्हणजे पतन कोन परावर्तन कोनाबरोबर असतो व मूळ किरण व त्याचें परावर्तन हीं एकाच सरळ पातळींत असतात.

नियम २ रा.—दोन सपाट आरशांवरून एक किरण दोन वेळां एकाच सरळ पातळीमध्यें परावर्तन पावला तर त्या मूळ किरणांत व त्याच्या दुसऱ्या वेळीं परावर्तन पावलेल्या किरणांत जो कोन होतो तो, त्या दोन आरशांच्या पातळ्यांमधील कोनाच्या दुप्पट असतो.

सेक्सटंट किंवा षष्ठांशयंत्रः—(किंवा कमान) आकृतीमध्यें अ ई फ हें षष्ठांशयंत्र आहे. त्यावरील कोन मापण्याचा कंस (कमान) ईफ हा वर्तुलाचा षष्ठांश (सहावा भाग) म्हणजे ६० अंशाचा आहे. तरी त्यावर १२० अंशांचे भाग पाडिलेले असतात व त्या प्रत्येक अंशाच्या भागाचे ४ किंवा ६ विभाग करितता,



आकृति ५०.

म्हणजे ते १५ किंवा १० कला दाखवितात. या भागांनीं वास्तविक पहातां सेक्स्टंटच्या (षष्ठांशयंत्राच्या) दोन आरशांच्या पातळ्यांमधील कोन मापिला जातो; परंतु दुसऱ्या नियमाप्रमाणें सेक्सटंटनें पाहिलेल्या दोन पदार्थांमधील कोन त्या आरशांमधील कोनाच्या दुप्पट असतो व आपणास त्या पदार्थांमधील कोन मापावयाचा असतो म्हणून आरशांनीं दाखविलेल्या कोनाचे दुप्पट भाग करितात, म्हणजे आरशांमधील अर्ध्या अंशास एक अंश मानितात व त्या प्रमाणें एकंदर ६० अंशांचे १२० भाग करून त्यांनीं त्या आरशांमधून दिसणाऱ्या दोन पदार्थांमधील कोन एकदम वाचितात. याप्रमाणें सेक्सटंटची ई फ कमान जर वर्तुलाचा ७० अंशांची असेल, तर तिजवर १४० अंश दाखवितात व त्यांनीं १४० अंशापर्यंतचा दोन पदार्थांमधील कोन मापतां येतो. अ ब ही एक त्रिज्या किंवा कोन मापणारी पट्टी ई फ कंसाच्या अ मध्याभोंवतीं फिरणारी आहे; ह्या कोनमापक पट्टीच्या अ टोंकाशीं (म्हणजे सेक्सस्टंटच्या मध्यावर) एक आरसा सेक्स्टंटच्या पातळीवर लंब होईल असा बसविलेला असतो. त्यास कोनदर्शक अरसा म्हणावें. व ब टोंकाशीं ई फ कंसावरील विभागाचे भाग किंवा प्रतिभाग वाचणारे एक व्हरनियर (सूक्ष्मविभाग दर्शकपट्टी) बसविलेलें असतें; त्यानें १५ किंवा १० विकला दाखविल्या जातात. क ह्या ठिकाणीं एक आरसा बसविलेला असतो त्याला क्षितिजदर्शक आरसा म्हणावें. ह्या आरशाच्या फक्त अर्ध्या भागासच पारा लाविलेला असतो. व अर्धा भाग क्षितिज अगर ज्याच्याशीं कोन मापावयाचा आहे, तो पदार्थ पहाण्याकरितां पारदर्शक ठेविला असतो. हा क्षितिजदर्शक आरसाही सेक्स्टंटच्या पातळीवर लंब होईल असा बसविलेला असतो, व कोन

मापक पट्टी ज्या वेळीं ० अंश दाखवितें त्या वेळीं क्षितिजदर्शक आरसा (क) हा कोनदर्शक (अ) आरशार्शी बरोबर समांतर होईल असा बसविलेला असतो. ड ह्या ठिकाणीं एक गोलपट्टा किंवा कडी बसविलेली असते त्यांत, कोन पाहतांना एक नळी किंवा दुर्भिण ठेवून त्यांतून पहावें. क्षितिजदर्शक आरशाच्या पुढें व मागें रंगित कांचा बसविलेल्या असतात. सूर्यासारखा फार तेजस्वी पदार्थ पाहतांना त्यांपैकीं पाहिजे तितक्या कांचा फिरवून मध्यें अणाव्या व त्यांमधून पहावें. म्हणजे डोळ्यांस त्रास होत नाहीं.— आतां दृश्य—क्षितिजावर सूर्याची उंची किती आहे ती एक विद्यार्थी मापीत आहे असें समजा. तर त्यानें प्रथम ब व्हरनियर इफ कंसावरील ० शून्यांशावर आणावें; व सेक्स्टंट (कमान) नीट उभा ओळंब्यांत धरून ड ठिकाणीं ठेवलेल्या नळींतून व क्षितिज-दर्शक आरशांतून सूर्याकडे पहावें म्हणजे त्यास क्षितिजदर्शक (क) आरशाच्या पारदर्शक भागांतून खरा सूर्य दिसेल व पारा लाविलेल्या भागांतून (अ) आरशावरून पडलेलें सूर्याचें प्रतिबिंब दिसेल. (सूर्याचें तेज कमी करण्याकरितां पाहिजे तितक्या रंगित कांचा आधींच आरशापुढें आणाव्या) कारण, व्हरनियर शून्य कोन दाखवीत असलें म्हणजे कोणताही पदार्थ नळींतून पाहिला असतां तो पदार्थ व त्याचें प्रतिबिंब हीं एकेच ठिकाणीं दिसतात; आतां विद्यार्थ्यानें कोनमापक पट्टी भाग पाडिलेल्या कंसावर हळूहळू फिरवावी व सूर्याचें (अ) आरशावरून परावर्तन पावलेलें प्रतिबिंब क्षितिजदर्शक (क) आरशाच्या पारा लाविलेल्या भागांत दिसेल अशा रीतीनें सेक्स्टंटही हळूहळू उभ्या पातळींत फिरवावा म्हणजे त्यास (क) आरशाच्या पारदर्शक भागांतून खरें सूर्यबिंब दिसेनासें

होऊन शेवटीं क्षितिज दिसूं लागेल. याप्रमाणें सूर्याचें प्रतिबिंब क्षितिजाशीं लागलेलें दिसलें म्हणजे विद्यार्थ्यानें व्हरनियरच्या पाठीमागें असलेल्या स्क्रूनें तें व्हरनियर भाग पाडलेल्या (ई फ) कंसाशीं गच्च बसवावें, फिरूं देऊं नये. नंतर (ग) हा स्पर्श स्क्रू फिरवून सूर्याच्या प्रतिबिंबाची खालची कोर क्षितिजास फक्त स्पर्श करील अशी ठेवावी, व व्हरनियर वरील शून्य दाखविणारा भाग कंसावरील किती अंश–कला दाखवितो तें पहावें, व सूक्ष्मविभागदर्शक पट्टीनें बरोबर कला व विकला पहाव्या. हा व्हरनियरनें दाखविलेला कोन, सूर्यबिंबाच्या खालच्या कोरेची क्षितिजापासून किती उंची आहे तें दाखवितो.

सेक्स्टंट (कमान) किंवा षष्ठांशयंत्र बरोबर लावणें:—

सेक्स्टंट किंवा कमान करणारा सेक्स्टंटचा पुढील भाग काळजीपूर्वक एका सरळ पातळींत राखतो. कोनमापक पट्टी भाग पाडलेल्या कंसाच्या मध्यबिंदूंत बरोबर बसवितो, कमानीचे भाग बरोबर पाडतो, व दुर्भिण किंवा नळी बसविण्याकरितां जो पट्टा बसविलेला असतो तो अशा बेतानें बसविलेला असतो कीं, त्यांतून जाणारे प्रकाशाचे किरण सेक्स्टंटच्या पुढील भागाच्या पातळीशीं समांतर असतात. हा पट्टा पुढें मागें करून प्रकाशाचे किरण सेक्स्टंटच्या पातळीशीं समांतर राहतील असें करण्याकरितां कित्येक सेक्स्टंटमध्यें पट्ट्यास स्क्रू बसविलेले असतात. परंतु त्यांची फारशी जरूर पडत नाहीं. म्हणून बहुतेक सेक्स्टंटमध्यें पट्टा कायम बसविलेला असतो. वरील चार गोष्टी सेक्स्टंट करणाऱ्यानें बरोबर लक्ष्य देऊन केलेल्या असतात. कमान वापरणारास कमानींत फक्त पुढील तीन बाबती-

बरोबर आहेत किंवा नाहींत तें पहावयाचें असतें व बरोबर नसतील तर त्याबरोबर करून घ्यावयाच्या असतात:—

१ ली बाबत:—कमानीच्या पातळीशीं कोनदर्शक आरसा लंब करणें.

२ री—कमानीच्या पातळीशीं क्षितिजदर्शक आरसा लंब करणें.

३ री—व्हरनियर (सूक्ष्मविभागदर्शकपट्टी) वरील शून्य दाखविणारा भाग, कमानीवरील शून्य दाखविणाऱ्या भागावर असला म्हणजे, क्षितिजदर्शक आरसा कोनदर्शक आरशाशीं समांतर करणें.

या तिन्ही बाबती पाहून कमान बरोबर आहे किंवा नाहीं तें कसें पहावें व बरोबर नसल्यास बरोबर करून घेऊन कमान कशी सुधारावी तें प्रत्येक बाबीचें क्रमाक्रमानें वर्णन करून सांगूं:—

१ ली बाबत:—**कमानीच्या पातळीशीं कोनदर्शक आरसा लंब करणें**—कोन मापकपट्टी भाग पाडलेल्या (कंसाच्या) कमानीच्या मध्यभागीं आणावी, व कमान (सेक्स्टंट) भाग पाडलेली बाजू वर करून आडवी धरावी. नंतर कोनदर्शक आरशामधून भाग पाडलेला अर्धा कंस (कमान) दिसेल असें तिरपें पहावें. जर आरशामधून दिसलेला कंसाचा (कमानीचा) भाग खऱ्या कंसाच्या रेषेंत दिसला—मध्येंच तुटल्यासारखा किंवा वांकडा झालेला दिसला नाहीं—तर आरशांतून दिसणारा, भाग व खरा कमानीचा भाग हे एकाच सरळ पातळींत असतात व तो आरसा त्या पातळीवर लंब असतो. परंतु हे कंसाचे दोन भाग एकाच पातळींत दिसले नाहींत. मध्यें तुटल्यासारखे किंवा वांकडे झाल्यासारखे दिसले तर कोनदर्शक आरशाच्या पाठीमागील बैठकींत जे स्क्रू असतात, ते सखत अगर ढिले करून कमानीचे दोन्ही भाग एकाच पातळींत आरशांतून दिसतील असें करावें म्हणजे कमानीच्या पातळीशीं कोनदर्शक आरसा लंब होतो.

२ री—कमानीच्या पातळीशीं क्षितिजदर्शक आरसा लंब करणें.

क्षितिजदर्शक आरसाही (सेक्स्टंटच्या) कमानीच्या पातळीशीं लंब असला पाहिजे. तो लंब आहे किंवा नाहीं हें पाहण्यास भाग पाडलेल्या कंसावरील शून्याच्या रेषेवर व्हरनियरवरील शून्याची रेषा आणावी व व्हरनियर कमानीशीं मागील स्क्रूनें बंद करावे (कमानीवर फिरूं देऊं नये) नंतर एक साधी नळी किंवा लहान दुर्भिण गोलपट्ट्यांत बसवावी. व तिजमधून, कमान आडवी क्षितिज समांतर धरून तिचें तोंड एक वेळ वर असतांना व एक वेळ खालीं असतांना क्षितिजदर्शक आरशामधून क्षितिजाकडे पहावें. कमान अशा बेतानें आडवी धरावी कीं, क्षितिजदर्शक आरशाच्या पारा लावलेल्या भागावर क्षितिजाचें परावर्तन दिसावें व पारदर्शक भागांतून खरें क्षितिज दिसावें. याप्रमाणें नळींतून व क्षितिजदर्शक आरशांतून क्षितिज व त्याचें परावर्तन हीं एक वेळ कमानीचें तोंड वर करून व एक वेळ खालीं करून अशीं दोन वेळां पहावीं. आतां दोन्ही वेळां जर क्षितिज आणि त्याचें परावर्तन हीं एकाच सरळ रेषेंत दिसलीं त्यांत तुटकपणा किंवा वांक दिसला नाहीं तर क्षितिजदर्शक आरसा कमानीच्या पातळीवर लंब आहे असें समजावें खरें क्षितिज व त्याचें परावर्तन हीं एक सरळ रेषेंत न दिसतील तर क्षितिजदर्शक आरशाच्या पाठीमागें एक स्क्रू असतो तो फिरवून खरें क्षितिज व त्याचें परावर्तन हीं एका रेषेंत दिसतील असें करावें म्हणजे क्षितिजदर्शक आरसा कमानीच्या पातळीवर लंब होईल.

३ री बाबत—व्हरनियरवरील (सूक्ष्मविभागदर्शक पट्टीवरील)

शून्याची रेघ ही कमानीवरील शून्याच्या रेघेवर असली म्हणजे क्षितजर्दक आरसा कोनदर्शक आरशांशीं समांतर करणें.

ज्या वेळीं व्हरनियर (सूक्ष्मविभागदर्शक पट्टी) भाग पाडिलेल्या कंसावर किंवा कमानीवर शून्य कोन दाखवितें, तेव्हां क्षितिज-दर्शक आरसा व कोनदर्शक आरसा यांच्यामध्येंही शून्य कोन असला पाहिजे म्हणजे त्याच्यामध्यें कोन नसावा; म्हणजे तें समांतर असावें. (कारण ते एका सरळ रेषेंत असत नाहींत.) जर ते समांतर नसतील तर वरच्याप्रमाणेंच (व्हरनियरवरील शून्याची रेषा भाग पाडलेल्या कंसावरील शून्याच्या रेषेवर आणून मागील स्क्रूनें व्हरनियर बंद करावें) गोल पट्ट्यांत साधी नळी किंवा लहान दुर्बिण बसवून तिजमधून व क्षितिजदर्शक आरशाच्या पारदर्शक भागामधून क्षितिजाकडे अगर दुसऱ्या एकाद्या पदार्थाकडे पहावें. परंतु या वेळीं सेक्स्टंट उभा धरावा आडवा धरूं नये, व ज्या पदार्थाकडे आपण पाहूं तो पदार्थ व त्याचें प्रतिबिंब हीं एकाच ठिकाणीं दिसलीं. त्यामध्यें वांक किंवा तुटकपणा दिसला नाहीं. तर ते आरसे समांतर आहेत असें समजावें. जर याप्रमाणें पाहिलेला पदार्थ व त्याचें प्रतिबिंब हीं एक ठिकाणीं दिसलीं नाहींत, तर क्षितिजदर्शक अरशाच्या मागें एक स्क्रू असतो तो ढिला किंवा सखत करून तो पदार्थ व त्याचें प्रतिबिंब आरशांतून एके ठिकाणीं दिसेल असें करावें. म्हणजे ते आरसे शून्य कोन वाचतांना समांतर होतात. कित्येक सेक्स्टंटना हा स्क्रू नसतो. अशा सेक्स्टंटच्या स्पर्श स्क्रूनें (टांजट स्क्रूनें) व्हरनियर किंचित् फिरवून नळींमधून पाहिलेला पदार्थ व त्याचें प्रतिबिंब हीं एके

ठिकाणीं दिसतील असें करावें, व त्या वेळीं व्हरनियर वरील शून्य व कमानी (कंसा) वरील शून्य यांच्यामध्यें किती अंशकलांचें अंतर आहे तें पहावें. हें जें अंशकलात्मक अंतर असेल त्याला कोनमापन चुकी असें म्हणावें. व तें अंतर, व्हरनियरवरील शून्य कमानीवरील शून्याच्या बाहेर गेलेलें असेल तर त्या सेक्स्टंटनें पाहिलेल्या प्रत्येक कोनांत मिळवावें, व जर व्हरनियरवरील शून्य कमानीच्या (कंसाच्या) आंत असेल तर वजा करावें. म्हणजे पाहिल्या प्रकारच्या सेक्स्टंटमध्यें कोनमापन चुकी धन समजून त्यानें पाहिलेल्या प्रत्येक कोनांत ती मिळवावी व दुसऱ्या प्रकारच्या सेक्स्टंटमध्यें ती चुकी ऋण समजून त्यानें पाहिलेल्या प्रत्येक कोनांत ती वजा करावी.

(२) **कृत्रिम क्षितिज**.—जेव्हां जमिनीवरून सूर्यचंद्रादि खस्थ पदार्थांची उंची पहावयाची असते व क्षितिजाशीं समुद्र नसतो परंतु डोंगर, झाडी किंवा ढग असल्यामुळें खरें क्षितिज दिसत नाहीं. त्या वेळीं कृत्रिम क्षितिजाचा उपयोग करितात. **कृत्रिम क्षितिज** ही एक क्षितिजसमांतर सरळ पातळी असते. तिचा पृष्ठभाग चकचकीत असून परावर्तक असतो त्यामुळें सूर्यचंद्रादि स्वस्थ पदार्थांचे किरण त्यावर पडून परावर्तन पावतात. ते परावर्तन पावलेले किरण व मुळचे किरण यांच्यामध्यें जो कोन होतो, तो त्या मूळ किरणांचा क्षितिजाशीं जो कोन होतो त्याचे दुप्पट असतो. परावर्तन पावलेले किरण व मूळ किरण यांच्यामधील कोन सेक्स्टंटनें मापितात व त्यांवरून त्या पदार्थाची क्षितिजापासून उंची काढितात.

परातीसारख्या एका उथळ भांड्यामध्यें पारा, काकवी, डांबर,

तेल किंवा दुसरा कांहीं किंचित् प्रवाही पदार्थ ठेविला असतां त्याचा पृष्ठभाग क्षितिजसमांतर रहातो व तेंच कृत्रिम क्षितिज होय. हा पृष्ठभाग वाऱ्यानें हलूं नये म्हणून त्यावर पातळ मलमलीचें, तारेच्या कापडाचें, किंवा कांचेचें झांकण करितात. कांचेचें झांकण केल्यास ती कांच सपाट व सारख्या जाडीची असावी, म्हणजे तिचे दोन्ही पृष्ठभाग एकमेकांशीं समांतर असावे व ती पूर्ण पारदर्शक असावी. कधीं कधीं क्षितिजसमांतर ठेवलेल्या आरशाचा कृत्रिम क्षितिजासारखा उपयोग करितात. परंतु तो स्क्रूंच्या योगानें बरोबर क्षितिजसमांतर राखावा लागतो.

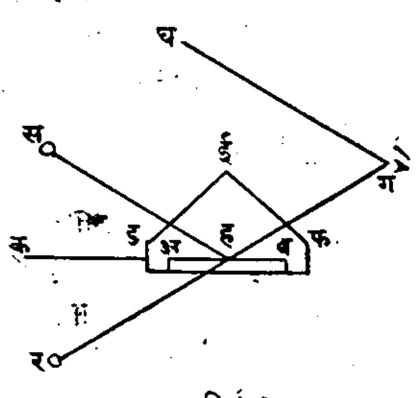
परंतु सर्वांत उत्तम कृत्रिम क्षितिज म्हटलें तर तें एका कांचेच्या उथळ ताटांत किंवा बशींत शुद्ध पारा घालून केलेलें होय. ह्या पाऱ्याचा पृष्ठभाग सदोदित क्षितिजसमांतर रहातो व साधारण वाऱ्यानें फार हालत नाहीं, तरी त्यावर सरळ कांचांचें झांकण करावें लागतें.

याप्रमाणें एक प्रकारचें कृत्रिम क्षितिज तयार करून तें एका शांत व निर्वात जागीं ठेवावें; व पहाणारानें, कोणत्याही खस्थ पदार्थाकडे तोंड करून तो खस्थ पदार्थ व कृत्रिम क्षितिजावरून पाहिलेलें त्याचें प्रतिबिंब हीं एकदम दिसतील अशा रीतीनें लांब बसावें. नंतर सेक्स्टंटच्या पट्ट्यांमध्यें नळी किंवा दुर्बिण बसवून कोनमापकपट्टीच्या व्हरनियरवरील शून्य कमानीवरील शून्यावर आणावें, व मागील स्क्रूनें व्हरनियर बंद करावें. नंतर सेक्स्टंट उभा धरून क्षितिजदर्शक आरशांतून सूर्याकडे अगर पाहिजे त्या खस्थ पदार्थाकडे पहावें. नंतर सेक्स्टंट तसाच उभा धरून व्हरनियरचा स्क्रू ढिला करून तें हळूहळू विभागलेल्या कंसावर फिरवावें व त्याप्रमाणें

हळूहळू सेक्स्टंटही फिरवावा; तो असा कीं, सूर्याचें प्रतिबिंब क्षितिजदर्शक आरशाच्या बाहेर जाऊं देऊं नये. याप्रमाणें व्हरनियर फिरवीत फिरवीत क्षितिजदर्शक आरशाच्या पारा लाविलेल्या भागांतून सूर्याचें कोनदर्शक आरशावरून परावर्तन पावलेलें प्रतिबिंब व पारा न लावलेल्या भागांतून कृत्रिम क्षितिजावरून परावर्तन पावलेलें सूर्याचें प्रतिबिंब हीं एकमेकांस स्पर्श करूं लागलीं म्हणजे व्हरनियर, मागील स्क्रूनें बंद करावें व स्पर्शस्क्रूनें, एका प्रतिबिंबाची खालची कोर दुसऱ्या प्रतिबिंबाच्या वरच्या कोरेस बरोबर स्पर्श करील असें करावें व त्या वेळीं भाग पाडलेल्या कंसावरील व्हरनियरनें दाखविलेला कोन पहावा. त्यांत सेक्स्टंटची कोनमापन चुकी मिळवून अगर वजा करून येईल त्याचे अर्ध करावें म्हणजे तो त्या स्वस्थ पदार्थाचा क्षितिजाशीं कोन किंवा त्याची क्षितिजावरील कोनात्मक उंची होईल.

कृत्रिम क्षितिजावरून स्वस्थ पदार्थाची उंची कशी पहावी, व पाहिलेल्या कोनाचें अर्ध कां करावें तें पुढील आकृतीवरून कळेल.

एका कांचेच्या बशींत ठेवलेल्या पाऱ्याचा अ ब हा क्षितिजसमांतर पृष्ठभाग आहे व तो क पर्यंत वाढविला आहे, असें समजा. ड ई फ हें त्या कृत्रिम क्षितिजावरील झांकण आहे व त्यांत डई आणि ई फ ह्या दोन साफ व सरळ अशा कांचा बसविल्या आहेत स हा सूर्य आहे. व त्याची क्षितिजापासून उंची किती



आकृति ५१.

आहे ती आपणांस काढावयाची आहे असें समजा. आतां स ह हा किरण, सूर्याच्या खालच्या कोरेपासून निघून पाऱ्याच्या अ ब पृष्ठभागावर ह ठिकाणीं परावर्तन पावून ह ग दिशेनें पहाणाऱ्याच्या डोळ्यांत जाईल; व तो र ठिकाणाहून सूर्याच्या वरच्या कोरेपासून र ह ग सरळ रेषेनें येत आहे असें दिसेल; व स, सूर्य अ ब या क्षितिज समांतर पृष्ठभागाच्या जितका वर आहे तितकेंच त्यांचें र प्रतिबिंब त्या अ ब पृष्ठभागाच्या खालीं आहे असें दिसेल; म्हणजे स ह क कोन, क ह र कोनाबरोबर होईल. र ह ग सरळ रेषेंत आहेत, म्हणून ∠क ह र=∠ग ह ब =∠स ह क बरोबर आहेत. म्हणून स ह र कोन स ह क किंवा ग ह ब कोनाच्या दुप्पट आहे. आतां घ ग हा किरण प्रत्यक्ष सूर्यापासून निघून थेट पहाणाराच्या डोळ्यांत येत आहे असें समजा, तर तो स हशीं समांतर होईल. व ग ठिकाणच्या पाहणारास सेक्स्टंटनें घ ग र कोन मापतां येईल. आतां घ ग, स हशीं समांतर आहे, व र ह ग ही सरळ रेषा त्या दोन समांतर रेषांवर पडली आहे म्हणून स ह र कोन घ ग र कोनाबरोबर आहे; व स ह र कोन स ह क कोनाच्या दुप्पट आहे. म्हणून घ ग र कोनही स ह क किंवा ग ह ब कोनाच्या दुप्पट आहे. म्हणून सेक्स्टंटची कोनमापन चुकी मिळवून किंवा वजा करून येईल त्या कोनाचें अर्ध करावें म्हणजे पाहिलेल्या खस्थ पदार्थाची उंची कोनांत निघेल. जसे घ ग र कोन जर ८०° असेल तर स ह क कोन ४०° अंशाचा होईल.

उदाहरण—जर सेक्स्टंटच्या कोनमापक आरशावरून परावर्तन पावलेल्या सूर्यबिंबाची खालची कोर व कृत्रिम क्षितिजावरून परावर्तन पावलेल्या सूर्यबिंबाची वरची कोर यांच्यामधील मापलेला

कोन ९९° – २९′ – ५८″ आहे व सेक्स्टंटची कोनमापन चुकी ०° – २′ – २०″ धन (मिळवावयाची) आहे, तर सूर्याच्या खालच्या कोरेची क्षितिजापासून उंची किती तें काढा.

सूर्याच्या खालच्या कोरेची कृत्रिम क्षितिजावर मापलेली

उंची	९९° – २९′ – ५८″
कोनमापन चूक	+ – २′ – २०″
	२) ९९° – ३२ – १८″
∴सूर्याच्या खालच्या कोरेची खऱ्या क्षितिजावर उंची.	४९° – ४६′ – ९″

क्रनामिटर.

क्रनामिटर किंवा सूक्ष्म कालदर्शक घड्याळ.

(३) क्रनामिटर किंवा सूक्ष्मकालदर्शक घड्याळ हें एक उत्तम प्रकारचें घड्याळ असतें. त्यांतील बाल (फुल) चक्रांत अशी व्यवस्था केलेली असते कीं, हवेंतील उष्णतेच्या फेरफारानें त्या घड्याळानें दाखविलेल्या वेळेंत फरक पडूं नये. सूक्ष्मकालदर्शक घड्याळ जरी हवेंतील उष्णतेनें जलद किंवा मंद चालत नसलें तरी तें खऱ्या वेळेपेक्षां पुढें किंवा मागें राहूं शकेल. परंतु हा त्याचा जलद किंवा मंद चालण्याचा वेग जर सदोदित सारखाच राहील, त्यांत हवेंतील उष्णतेच्या योगानें किंचितही फेरफार होणार नाहीं, तर तें उत्तम सूक्ष्मकालदर्शक घड्याळ आहे असें समजावें.

अशा घड्याळानें दाखविलेल्या वेळेंत व खऱ्या वेळेंत कोणत्या-तरी एका वेळीं किती अंतर आहे व तें घड्याळ प्रत्येक दिवसांत

किती मंद किंवा जलद चालतें हें कळलें म्हणजे त्यावरून खरा वेळ काढितां येतो.

किल्ली देणें—सूक्ष्मकालदर्शक घड्याळें, एकदां किल्ली दिली असतां आठ दिवस चालणारीं किंवा दोन दिवस चालणारीं अशीं असतात. आठ दिवस चालणाऱ्या घड्याळास दर सातवे दिवशीं किल्ली द्यावी व दोन दिवस चालणाऱ्या घड्याळांस दररोज किल्ली द्यावी म्हणजे एकादे वेळीं किल्ली वेळेवर द्यावयाची राहिली तरी तें घड्याळ २४ तासपर्यंत चालू राहील, बंद पडणार नाहीं.

किल्लीचे किती वेढे होतात तें पाहून ठेवावे व प्रत्येक वेळीं वेढे मोजून किल्ली फिरवावी म्हणजे शेवटच्या वेढ्याचे वेळीं साखळीस किंवा कमानीस एकदम धक्का बसणार नाहीं. तसेंच वेढे पुरे झाल्या-वर कमानीस धक्का न लागतां किल्ली अधिक फिरूं नये अशी युक्ति या घड्याळांत केलेली असावी.

हें घड्याळ बंद पडलें असतां त्यास किल्ली दिल्यावर तें आपो-आप चालू होणार नाहीं; म्हणून त्यास फुलचक्राच्या पातळींत पुढेंमागें गोल फिरवावें म्हणजे फुलचक्र फिरूं लागेल व घड्याळ चालू होईल. नंतर त्यास कोणत्याही प्रकारें धक्का बसूं नये अशा रीतीनें होकायंत्रासारखेंच पेटींत गिंबालसवर अलग ठेवावें.

खिशांत राहणारीं सूक्ष्मकालदर्शक घड्याळें रात्रीं खिशांतून काढून उभीं टांगून ठेवावीं.

घड्याळांनीं दाखविलेल्या वेळांची तुलना—एक उत्तम सूक्ष्म-कालदर्शक घड्याळ पाहून त्याच्याशीं दुसऱ्या घड्याळांची तुलना करावी. सर्वांस एकदम किल्ली द्यावी व खरें मानलेल्या घड्याळांतील वेळ

पहावी व त्याच वेळीं दुसऱ्या घड्याळांतील वेळ पहावी व खालीं लिहिल्याप्रमाणें कोष्टक करून त्या वेळा लिहून ठेवाव्या. घड्याळांचे नंबर व अ ब क अशीं निशाणीचीं अक्षरें निरनिराळ्या घड्याळांच्या वेळांपुढें लिहावीं. खरें मानलेल्या सूक्ष्मकालदर्शक घड्याळास ख असें नांव द्यावें. दुसरे दिवशीं म्हणजे सुमारें २४ तासांनीं पुनः सर्व घड्याळाच्या वेळा पाहून लिहून ठेवाव्या व त्यांतील फेर पहावा;

कोष्टक.

तारीख.	निशाणी व नंबर.	खऱ्या घड्याळांतील वेळ.	दुसऱ्या घड्याळांतील वेळ.	फरक.	दुसरा फरक.
		क. मि. से.	क. मि. से.	क. मि. से.	
मार्च ३–०६	(अ) ५०२	२– ४०–०	२–३६–०	०– ४ –०	
	(ब) २१५	२–४०–३०	२–५६–३-५	०-१५–३३·५	से.
मार्च	(अ) ५०२	२–३२– ०	२–२८–१-५	०–३–५८-५	–१-५
४–०६	(ब) २१५	२–३२–३०	२–४८– ६	०–१५–३६	+२-५

खरें मानलेलें सूक्ष्मकालदर्शक घड्याळ जर अगदीं बरोबर असेल तर वरील कोष्टकाच्या शेवटच्या घरांत दिलेला फरक हा (अ) व (ब) घड्याळांचा मंद किंवा जलद चालण्याचा रोजचा फरक (वेग) होय.

इंग्लिश लोकांच्या गलबतावरील सर्व घड्याळें ग्रीनिचची वेळ दाखवितात. कोणतेंही गलबत हांकारण्याचे पूर्वींच दोन प्रहरीं त्याचा खऱ्या घड्याळाशीं ताडून पाहिलेला फरक व त्याच्या रोजच्या जलद किंवा मंद चालण्याचा फरक (वेग) लिहून ठेवितात, व त्यावरून पुढें कोणत्याही वेळीं त्या सूक्ष्मकालदर्शक घड्याळानें दाखविलेल्या वेळेवरून खरी ग्रीनिचची वेळ काढितात.

सूक्ष्मकालदर्शक-नियतकालदर्शक घड्याळावरून ग्रीनिचची वेळ काढण्याची रीतिः—

खऱ्या सूक्ष्मनियतकालदर्शक घड्याळाशीं ताडून पाहिलेलें पहिलें अंतर व घड्याळाचा जलद किंवा मंद चालण्याचा दररोजचा वेग (फेर) दिला आहे. तर त्यावरून ग्रीनिचची वेळ काढण्यास—

(१) तारीख व त्यापुढें खरी वेळ लिहावी. त्यांचे खालीं पहिलें अंतर लिहावें व तें, घड्याळ जलद (पुढें) असल्यास, वजा करावें व मंद (मागें) असल्यास मिळवावें; नंतर—

(२) पहिलें अंतर, व रोजचा फरक पाहिलेल्या दिवसापासून दिलेल्या दिवसापर्यंत मध्यें किती दिवस झाले ते काढावे. व त्या संख्येस रोजच्या फरकानें गुणावें. गुणाकार येईल ती एकंदर चुकी होय. ती घड्याळ मंद असल्यास त्यानें दाखविलेल्या वेळेंत मिळवावी, व जलद असल्यास त्यांतून वजा करावी, येईल ती ग्रीनिचची खरी वेळ होय.

उदाहरण.—एक सूक्ष्मनियतकालदर्शक घड्याळ तारीख २ जुलै रोजीं ग्रीनिचचे दोन प्रहरीं १९ मि. व ५८ सेकंदांनीं ग्रीनिच मध्यम वेळेचे मागें होतें; व त्याचा रोजचा जलद चालण्याचा वेग ४·५ सेकंड होता तर तारीख ११ नोव्हेंबर रोजीं त्या घड्याळांत ५ क. ४० मि. व ४२ सेकंद झाले असतां, त्या वेळीं खरी ग्रीनीच मध्यम वेळ काय तें काढा.

जुलै तारीख २ पासून नोव्हेंबर तारीख ११ पर्यंत दिवस.:—

दिवस.	
जुलैचे २९	१३२ दिवसास रोजचा जलद चा. वेग,
आगष्टचे ३१	४·५ सेकंड, त्यांनीं गुणलें असतां.
सप्तंबरचे ३०	६६० } एकंदर जलद चाल,
आक्टोबरचे ३१	५२८ }
नोव्हेंबरचे ११	६०)५९४·० } सेकंड=९ मि. ५४ सेकंड.
मिळून दि. १३२	५४० }

५४+१ सेकंड (६ तासांत जलद वेग)
=९ मि. व ५५ से. आतां, नियतकालदर्शक घड्याळानें दाखविलेली वेळः—

	क. मि. से.
तारीख ११ नोव्हेंबर—	५—४०—४२.
जुलै ता० २ रोजीं मागें होतें तो फरक	+१९—५८.
	६— ०-४०.
एकंदर जलद चाल वजा	०— ९—५५.
∴ ग्रीनीचचा मध्यम काल, ता. ११ नोव्हेंबर,	५—५०—४५.

---

(४) नाटिकल अलमनाक अथवा नाविक पंचांग व कालमापन.

नाविक पंचांग (नाटिकल अलमनाक) हें विलायतेंत इ० स० १७६७ पासून प्रतिवर्षी प्रसिद्ध होत असतें. त्यांत पुष्कळ फेरफार होऊन त्यास इ० स० १८३४ पासून हल्लींचें स्वरूप आलें आहे.

या पंचांगांतील गणित ग्रीनीचमधून जाणाऱ्या प्रथम मध्यान्ह-वृत्ताचे ० रेखांश धरून केलेलें असतें व त्यांत ग्रीनीचचे वेळेवर सूर्य, चंद्र, तारे, व ग्रह यांचे विषुवांश व क्रांति, कालभेद, चंद्राची स्थिति-वगैरे सर्व खस्थ पदार्थांची स्थिति व गतीसंबंधाची माहिती दिलेली असते.

नाविक पंचांगांत प्रत्येक महिन्याच्या पहिल्या १८ पानांत सूर्य व चंद्र यांच्याच गती व स्थितीसंबंधानें माहिती दिलेली असते. प्रत्येक महिन्याच्या पहिल्या व दुसऱ्या पानावर सूर्याचे विषुवांश, त्याची क्रांति, व त्यांचा अर्धव्यास या संबंधाची माहिती दिलेली असते; त्यामुळें इतर भागांपेक्षां या दोन पानांचाच खलाशांस व मालमांस फार उपयोग होतो.

हें पंचांग समजण्यास थोडेंबहुत इंग्रजी भाषेचें ज्ञान विद्यार्थ्यास पाहिजे. परंतु सरकारच्या परवानगीनें त्यांतील अत्यंत उपयुक्त माहितीची देशी भाषेंत आवृत्ति कोणीं दरवर्षी काढल्यास खलाशांचा व मालमीचा धंदा करणाऱ्या लोकांवर त्याचे फार उपकार होतील, यांत संशय नाहीं. यांतील माहिती देशी ज्योतिष्यांसही उपयोगीं पडेल.

या पंचांगासंबंधाची सर्व माहिती पंचांगाच्या शेवटीं दिलेली असते. ती विद्यार्थ्यानें समजून घ्यावी म्हणजे या पंचांगाचा उपयोग कसा करावा तें समजेल.

वर सांगितलेंच आहे कीं, या पंचांगांत ग्रीनीचचे वेळेचा उपयोग केलेला असतो.

कालमापन–व्यावहारिक दिवस मध्यरात्रीपासून सुरू होतो. म्हणजे त्या वेळीं सूर्य आपल्या पायाखालचे मध्यान्हवृत्तावर असतो.

परंतु या २४ तासांच्या दिवसाचे रात्रींच्या १२ पासून दिवसाचे १२ पर्यंत एक, व दिवसाचे १२ पासून पुन्हा रात्रींचे १२ पर्यंत एक, असे बारा बारा तासांचे दोन भाग केलेले असतात. त्यामुळें कोणत्याही तासास, तो सकाळचा किंवा संध्याकाळचा, दोन प्रहरचा किंवा रात्रींचा असेल, त्याप्रमाणें त्याचेमागें लिहावें लागतें. उदाहरणार्थ—सकाळचे सहा वाजतां—किंवा संध्याकाळचे सहा वाजतां असें म्हटलें पाहिजे. नुसतें सहा वाजतां असें म्हट-ल्यानें बरोबर कालबोध होत नाहीं. ते सकाळचे सहा किंवा संध्याकाळचे सहा असा संशय राहतोच. त्याचप्रमाणें तीन वाजतां अमुक गोष्ट झाली असें नुसतें म्हणून बरोबर कालबोध होत नाहीं. पहांटे तीन वाजतां किंवा दोन प्रहरानंतर तीन वाजतां असें म्हटलें पाहिजे. व्यावहारिक दिवस मध्यरात्रीपासून सुरू करणें फार सोयीचें आहे. परंतु ज्योतिर्वेध घेण्याकरितां ज्योतिषी सौर दिवसाचा उपयोग करितात.

सौर दिवस दोन प्रहरचे बारा वाजतां म्हणजे मध्यान्हापासू-न सुरू होतो. त्या वेळीं सूर्य बरोबर त्या ठिकाणचे मध्यान्हवृत्तावर असतो. सौर दिवसाचे २४ तास, ० पासून २४ पर्यंत सारखे मोजतात. त्यामुळें त्यांचे मागें सकाळ, संध्याकाळ वगैरे लिहिण्याची जरूर नाहीं. सौर दिवसाची तारीख दोन प्रहरीं बदलते. दोन प्रहरपासून मध्यरात्रींपर्यंत व्यावहारिक दिवस व सौर दिवस यांचे तास व तारीख एकच असते, बदलत नाहीं. परंतु मध्यरात्रीपासून पुन्हा दोनप्रहरपर्यंत त्या दोन्ही दिवसांच्या तासांत व तारखेंतही फेर पडतो. नाविक पंचांगांत सौर दिवसाचा उपयोग करितात; व गलबतादर व्यावहारिक दिवस चालतो. म्हणून व्यावहारिक दिव-

साची तारीख व तास सौर दिवसाचे तारखेंत व तासांत लिहावी लागते.

व्यावहारिक कालमान सौरकालमानांत आणणें.—

(१) दोन प्रहरचे १२ पासून रात्रीचे बारापर्यंत व्यावहारिक वेळ व सौर वेळ व तारीख एकच असते. जसें:—

व्यावहारिक कालमान, तारीख ४ मे तिसऱ्या प्रहरीं ५ वाजून २० मिनिटें = सौर कालमान ता० ४ मे ५ कलाक २० मिनिटें. सौर कालमान ता० २ जून १० कलाक ४० मिनिटें = व्यावहारिक कालमान ता० २ जून रात्रीचे १० वाजून ४० मिनिटें.

(२) जर व्यावहारिक काल रात्रीचे बारापासून दोनप्रहरचे बारापर्यंतचा असेल, तर व्यावहारिक तासांत १२ मिळवावे व तारीख मागच्या दिवसाची लिहावी; जसें:—

व्यावहारिक काल तारीख ४ मे पहांटेस ५ वाजून ४२ मिनिटें= सौर काल मे ता० ३,–१७ ता० व ४२ मिनिटें.

व्यावहारिक वेळ आगष्ट १ ली तारीख सकाळचे ९ वाजून २० मिनिटें = सौरकाल जुलै ३१ ता० २१ तास २० मिनिटें.

(३) ज्योतिष सौरकालाचें व्यावहारिक कालमान काढतांना जर तास १२ पेक्षां अधिक असतील तर त्यांत बारा वजा करावे व तारीख पुढल्या दिवसाची लिहावी. जसें:—

ज्योतिष सौरकाल दिसेंबर ३१ तारीख १५ तास व ४० मिनिटें = व्यावहारिक काल जानेवारी १ ली तारीख पहांटेचे ३ वाजून ४० मिनिटें.

नाविक ज्योतिष.

विभाग ३ रा. अक्षांश.

येथवर खस्थ पदार्थांचे वेध घेण्याच्या व त्यावरून गणित करण्याच्या साधनांचें थोडक्यांत वर्णन केलें. आतां खस्थ पदार्थांच्या वेधावरून अक्षांश व रेखांश काढण्याच्या रीति सांगूं.

कोणत्याही ठिकाणीं खस्थ पदार्थांचे वेध घेऊन (आकाशांतील सूर्यचंद्रतारादिकांची उंची मापून) त्यावरून त्या ठिकाणचे अक्षांश काढण्याच्या रीति:—

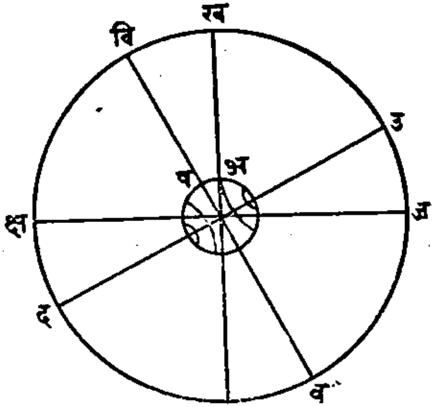
पृथ्वीवरील कोणत्याही स्थलाचे अक्षांश म्हणजे त्या स्थळाचें, भूमध्यरेषेपासून उत्तरेकडील किंवा दक्षिणेकडील कोनात्मक अंतर होय. भूमध्यवृत्तावरील स्थलांचे अक्षांश शून्य असतात. व ते वाढत वाढत ध्रुवाशीं ९०° होतात.

भूमध्यवृत्तावरील मनुष्यास ध्रुवाचा तारा क्षितिजाशीं दिसतो, म्हणजे तेथें ध्रुवाची उंची शून्य असते व अक्षांशही शून्य असतात. भूमध्यवृत्तापासून आपण जसजसे उत्तरेकडे जाऊं तसतसे आपले अक्षांश वाढतात व ध्रुवाचा ताराही उंच दिसूं लागतो. म्हणून क्षितिजापासून ध्रुवाच्या ताऱ्याची उंची मापून त्यावरून अक्षांश काढणें अगदीं सोपें आहे.

(१) ध्रुवाचे ताऱ्याच्या उंचीवरून अक्षांश काढण्याची रीतिः—

कोणत्याही ठिकाणीं क्षितिजापासून ध्रुवाच्या ताऱ्याची जी उंची तेच त्या ठिकाणचे अक्षांश होत.

खस्वस्तिक हा क्षितिजाचा ध्रुव होय. म्हणून क्षितिजापासून खस्वस्तिकाचें अंतर ९०° आहे. आकाशांतील उत्तर ध्रुवाचा तारा हा विषुवचक्राचा ध्रुव होय. म्हणून विषुवचक्रापासून ध्रुवापर्यंत ९०° अंतर आहे. पृथ्वीवरील कोणत्याही ठिकाणाची स्थिति त्या ठिकाणच्या खस्वस्तिकानें आकाश गोलावर दाखविली जाते.



आकृति ५२.

म्हणून विषुवचक्रापासून खस्वस्तिकाचें जें कोनात्मक अंतर तेंच त्या ठिकाणचे अक्षांश होत. ते क्षितिजावरील ध्रुवाच्या उंचीबरोबर कसे असतात, तें आकृतीवरून स्पष्ट होईल. वरील आकृतींत उ ख क्ष ज हा मध्यान्हवृत्ताच्या पातळीवर काढिलेला आकाश गोलाचा छेद आहे असें समजा. त्यांत अ हें एक पृथ्वीवरील ठिकाण आहे व त्याचे अक्षांश काढावयाचे आहेत. ख हें त्या ठिकाणाचें खस्वस्तिक आहे. क्ष ज हें त्या ठिकाणाचें क्षितिज आहे. उ हा उत्तर ध्रुव आहे. आणि वि ष व हें विषुवचक्र किंवा आकाशांतील विषुववृत्त आहे व पहाणारा अ ठिकाणीं आहे असें समजा. तर ज उ ही क्षितिजापासून उत्तर ध्रुवाची उंची आहे. आणि वि ख कंस ष अ कंसाबरोबर आहे म्हणून वि ख किंवा ष अ हें पहाणाराच्या अ ठिकाणाचे अक्षांश आहेत.

आतां वि उ = ख ज = ९० अंश.
म्हणजे वि ख + खउ = ख उ + उ ज = ९० अंश.

यांतून ख उ कंस काढून टाका, कारण तो दोहोंस साधारण आहे. म्हणून वि ख = उ ज.

म्हणजे कोणत्याही ठिकाणची ध्रुवाची उंची उ ज, ही त्या ठिकाणच्या वि ख किंवा ष अ अक्षांशाबरोबर आहे.

पृथ्वीच्या नकाशावर विषुववृत्त दाखविलेलें असतें परंतु ती एक कल्पितरेषा आहे. प्रत्यक्ष पृथ्वीवर तशी रेषा कोठेंही काढिलेली नाहीं. तसेंच आकाशांतील विषुववृत्त किंवा विषुवचक्रहीसुद्धां एक कल्पित रेषा आहे. आकाशांत ती रेषा कोठेंही दिसत नाहीं. पृथ्वीचा फार थोडा भाग आपणांस एकदम दिसतो परंतु आकाशाची अर्ध गोल पोकळी आपणांस सदोदित दिसते. तिजवर जरी विषुवचक्र प्रत्यक्ष दिसत नाहीं तरी आपणास प्रत्यक्ष दिसणारे सूर्यचंद्रादि खस्थपदार्थांपासून विषुवचक्र किती अंतरावर आहे तें **नाविक पंचांगांत** दिलेलें असतें. हें अंतर म्हणजे सूर्य चंद्रादिकांची क्रांति ही दररोज बलदते, त्यामुळें सूर्यचंद्रांची स्थिति ही आकाशाच्या नकाशावर कायमची दाखवितां येत नाहीं. फक्त कित्येक स्थिर तारांचे मात्र कायमचे नकाशे काढिलेले असतात. ते तारेही आपणांस सदोदित दिसतात, असें नाहीं. सारांश, **आकाशाच्या नकाशाचें काम बहुतेक नाविक पंचांगावरूनच करून घ्यावें लागतें** पृथ्वीवरील आपल्या स्थळाचे अक्षांश काढणें म्हणजे आकाशांतील आपल्या खस्वस्तिकाची क्रांति किती आहे तें वेळोवेळीं वेध घेऊन नक्की करणें होय. आतां कोणत्याही ठिकाणाचे खस्वस्तिक हें त्या ठिकाणच्या भूमध्यक्षितिजाचा ध्रुव होय व तो क्षितिजापासून

सदोदित ९० अंशावर असतो. सूर्य मध्यान्हवृत्तावर येतो तेव्हां त्याची क्षितिजापासून उंची सर्वांत अधिक असते. ती उंची मापून त्या तारखेस सूर्यापासून विषुवचक्र किती अंतरावर आहे तें नाविक पंचांगांत पाहून काढावें म्हणजे क्षितिजापासून विषुवचक्राची उंची निघेल. व क्षितिजापासून खस्वस्तिक ९० अंशावर असतें; तेव्हां विषुवचक्रापासून खस्वस्तिकाचें अंतर म्हणजे त्या ठिकाणचे अक्षांशही सहज काढितां येतील.

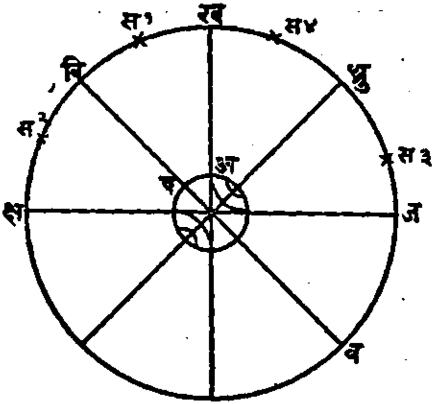
२ क्रांति माहीत असलेल्या कोणच्याही खस्थ पदार्थाच्या माध्यान्ह उंचीवरून पाहणाऱ्याच्या स्थलाचे **अक्षांश काढण्याची रीतिः—**

मागें सिद्ध करून दाखविलें आहे कीं, कोणच्याही ठिकाणीं क्षितिजापासून ध्रुवाच्या उंचीबरोबर त्या ठिकाणाचे अक्षांश असतात. उत्तरध्रुवापाशींमात्र एक तारा आहे तसा दक्षिणध्रुवापाशीं नाहीं म्हणून या रीतीनें दक्षिण गोलार्धांत अक्षांश काढितां येणार नाहींत. म्हणून क्रांति माहीत असलेल्या सूर्यचंद्रादि कोणच्याही खस्थ पदार्थाची मध्यान्हवृत्तावरील उंची मापून पाहणाऱ्याच्या ठिकाणाचे **अक्षांश काढण्याची रीति** सांगू.

जेव्हां कोणचाही खस्थ पदार्थ मध्यान्हवृत्तावर येतो तेव्हां तो आकाशांत फार उंच आलेला असतो व त्या वेळीं त्याच्या उंचीची पराकाष्ठा (किंवा परमावधि) झाली असें म्हणतात. या वेळीं त्याच्या उंचींत हळुहळू फार थोडथोडा फेर पडतो.

जेव्हां खस्थ पदार्थ मध्यान्हवृत्तावरून जातो तेव्हां तो मध्यान्हे-वृत्ताचें उल्लंघन करितो असें म्हणावें. व त्या क्रियेस **माध्यान्होल्लंघन** म्हणावें.

बाजूस काढिलेली आकृति हें आकाशगोलाच्या मध्यान्हवृत्तानें



आकृति ५३.

केलेल्या छेदाचें चित्र आहे असें समजा. त्यांत ध्रु हा अ ठिकाणच्या पाहणारास क्षितिजावर दिसणारा ध्रुव आहे, क्ष ज हें अ ठिकाणचें भूमध्य क्षितिज आहे, ख हें त्याचें खस्वास्तिक आहे आणि वि ष व हें विषुववृत्त आहे असें समजा. तर मागें सिद्ध केल्यावरून ज ध्रु = वि ख हे अ, ठिकाणाचे अक्षांश होत.

आतां स^{1} स^{2} स^{3} स^{4} हीं कोणत्याही क्रांति माहीत असलेल्या खस्थ पदार्थांचीं स्थानें आहेत असें समजा.

खस्वास्तिकापासून कोणत्याही खस्थ पदार्थाचें अंतर, हें, त्या पदार्थाची क्षितिजापासून मापलेली उंची, ९०° त वजा करून जी बाकी राहील, तिजबरोबर असतें. (खस्वास्तिकांतर = ९०—उंची)

(अ) जेव्हां कोणचाही खस्थ पदार्थ स^{2} ह्या ठिकाणीं असतो, तेव्हां त्याची स^{2} वि ही क्रांति होय. क्ष स^{2} ही त्याची क्षितिजापासून उंची होय, व ख स^{2} हें त्याचें ख स्वस्तिकांतर होय. आपणांस नाविक पंचांगांत त्या खस्थ पदार्थाची क्रांति दिलेली असते, व त्याची क्षितिजापासून उंची आपण मापून घेतों; त्यावरून अक्षांश, वि ख = स^{2} ख — स^{2} वि—
म्हणजे अक्षांश = खस्वास्तिकांतर — क्रांति .... } (१)

म्हणजे जेव्हां खस्वस्तिक विषुववृत्ताचे उत्तरेस आहे, व खस्थ पदार्थाची क्रांति दक्षिणेस आहे तेव्हां खस्वस्तिकांतर व क्रांति यांच्या वजाबाकीबरोबर त्या ठिकाणचे अक्षांश असतात.

(ब) जेव्हां तो खस्थ पदार्थ स' ह्या ठिकाणीं असतो तेव्हां त्याची वि स' ही क्रांति होय, स' ख हें त्याचें खस्वस्तिकांतर होय व क्ष स' ही त्याची उंची होय.

∴ अक्षांश = वि ख = वि स' + स' ख.
अक्षांश = खस्वस्तिकांतर + क्रांति. ------ } (२)

म्हणजे जेव्हां खस्वस्तिकांतर विषुवचक्राच्या उत्तरेस आहे व क्रांतिही उत्तरेस आहे तेव्हां त्या स्थळाचे अक्षांश हें खस्वस्तिकांतर व क्रांति यांच्या बेरजेबरोबर असतात.

वरील दोन प्रकारांत ध्रु हा क्षितिजावर दिसणारा उत्तर ध्रुव आहे असें मानिलें आहे. आतां ध्रु हा क्षितिजावरील दक्षिण ध्रुव आहे व पहाणारा दक्षिण गोलार्धांत आहे असें मानिलें असतांही त्याच आकृतीवरून खालील नियम निघतातः—

(क) जेव्हां खस्वस्तिक विषुववृत्ताच्या दक्षिणेस आहे व खस्थ पदार्थाची क्रांति उत्तरेकडे आहे तेव्हां—

अक्षांश = खस्वस्तिकांतर − क्रांति.

(ड) जेव्हां खस्वस्तिक विषुवचक्राच्या दक्षिणेकडे असतें व क्रांतिही दक्षिणेकडे असते तेव्हां त्या ठिकाणाचे

अक्षांश = खस्वस्तिकांतर + क्रांति.

वरील विवेचनावरून क्रांति माहीत असलेल्या खस्थ पदार्थाची क्षितिजापासून उंची मापून त्यावरून अक्षांश काढण्याचे साधारण नियम निघतात ते असेः—

(१) जेव्हां खस्वस्तिकांतर व क्रांति हीं दोन्ही विषुव-चक्राच्या दक्षिणेकडे किंवा उत्तरेकडे असतात तेव्हां त्या स्थळाचे अक्षांश त्याच्या बेरजेबरोबर असतातः—
म्हणजे अक्षांश = खस्वस्तिकांतर + क्रांति............(१)

परंतु (२) जेव्हां खस्वस्तिकांतर विषुवचक्राचे उत्तरेस असून क्रांति दक्षिणेस असेल किंवा क्रांति उत्तरेस असून खस्वस्तिकांतर दक्षिणेस असेल, तेव्हां त्या स्थळाचे अक्षांश हे त्यांच्या वजाबाकीबरोबर असतात.

अक्षांश = खस्वस्तिकांतर — क्रांति .... २.

जेव्हां खस्वस्तिकांतर व क्रांति ही दोन्ही विषुवचक्राच्या उत्तरेकडे किंवा दक्षिणेकडे असतात तेव्हां अक्षांशही उत्तर किंवा दक्षिण असतात. परंतु जेव्हां एक उत्तरेकडे व एक दक्षिणेकडे असतें तेव्हां जें मोठें असेल तिकडचे अक्षांश असतात.

(३) जेव्हां क्रांति माहीत असलेला एकादा खस्थ पदार्थ $स^{३}$ ह्या ठिकाणीं असतो तेव्हां तो ध्रुवाखालीं आहे असें म्हणतात. तेव्हां, $स^{३}$ ज ही त्यांची क्षितिजापासून उंची होय. त्याची क्रांति व $स^{३}$ होय. त्याचें खस्वस्तिकांतर ख $स^{३}$ हें होय. आणि त्याचें ध्रुवांतर ध्रु $स^{३}$ होय.

आतां येथें क्रांति + ध्रुवांतर = ९० अंश.

म्हणून ध्रुवांतर = ९० अंश − क्रांति.

तसेंच वि ध्रु = ख ज = ९० अंश.

म्हणून वि ख + ख ध्रु = ख ध्रु + ध्रु ज = ९०°.

या दोहोंतून साधारण कंस ख ध्रु काढून टाका म्हणून वि ख = ध्रु ज.

म्हणजे त्या ठिकाणची ध्रुवाची उंची बरोबर अक्षांश. परंतु ध्रु ज = ध्रु $स^3$ + $स^3$ ज.

म्हणून अक्षांश = ध्रुवांतर + क्षितिजांतर.

म्हणजे दृश्य ध्रुवाचे खालीं एकादा खस्थ पदार्थ असेल तेव्हां त्या खस्थ पदार्थाचें ध्रुवांतर व त्याचें क्षितिजांतर ह्यांच्या बेरजे-बरोबर त्या ठिकाणचे अक्षांश असतात व त्याचें ध्रुवांतर हें ध्रुवांतर =९०°–क्रांतिबरोबर असतें. म्हणजे

ध्रुवांतर=९०°–क्रांति.

(फ) जेव्हां एकादा खस्थ पदार्थ $स^4$ ह्या ठिकाणीं असेल तेव्हां तो ध्रुवाच्या वर आहे असें म्हणतात. येथेंही

ध्रुवांतर=९० अंश – क्रांति. कारण,

ध्र $स^4$ = ९० अंश – वि$स^4$.

व अक्षांश = ज ध्रु = ध्रुवाची उंची

= ज $स^4$ – ध्रु $स^4$

= क्षितिजावरील उंची – ध्रुवांतर.

म्हणजे जेव्हां क्रांति माहीत असलेला एकादा खस्थ पदार्थ दृश्य ध्रुवाच्यावर असेल, तेव्हां ९० अंशांतून क्रांति वजा केली असतां त्याचें ध्रुवांतर येईल व क्षितिजावरील त्याच्या मापलेल्या उंचीमधून ध्रुवांतर वजा केलें असतां त्या स्थलाचे अक्षांश येतील व ते त्या स्थळांच्या ध्रुवाच्या उंचीबरोबर असतील. ....(३)

३ ध्रुवासभोंवतीं फिरणाऱ्या ताऱ्यावरून अक्षांश काढ-ण्याची रीतिः—

जेव्हां आकाशांतील एकाच ताऱ्याची उंची मध्यान्हवृत्तावर ध्रुवाचे खालीं व वरती अशी दोन ठिकाणीं घेतां येईल, तेव्हां त्या दोन उंच्यांची बेरीज करून त्याचें अर्ध करावें, म्हणजे ती अर्धबेरीज त्या जागेचे अक्षांश होत.

कारण $स^{३}$ व $स^{४}$ ही एकाच ताऱ्याची मध्यान्हवृत्तावरील अति उंच व अति नीच अशीं दोन स्थानें आहेत असें माना. तर प्रत्येक वेळीं ताऱ्याचें ध्रुवांतर सारखेंच आहे, म्हणून त्या दोन उंच्यांच्या बेरजेचें अर्ध $= \frac{१}{२} (ज स^{३} + ज स^{४})$

$= \frac{१}{२} [(ध्रु ज - ध्रु स^{३}) + (ध्रु ज + ध्रु स^{४})]$. परंतु येथें $ध्रु स^{३} = ध्रु स^{४}$.

म्हणून $= \frac{१}{२} (ध्रु ज - ध्रु स^{३} \times ध्रु ज + ध्र स^{४})$.

$= \frac{१}{२} (२ ध्र ज) = ध्रुज$.

∴ उंच्यांच्या बेरजेचे अर्ध = ध्रु ज = ध्रुवाची उंची. व ध्रुवाची उंचीबरोबर त्या ठिकाणचे अक्षांश. म्हणून **ध्रुवाभोंवतीं फिरणाऱ्या ताऱ्याच्या अति उंच व अति नीच अशा दोन उंच्यांच्या बेरजेच्या अर्धाबरोबर त्या ठिकाणचे अक्षांश होत.**

यंत्र साधनांनीं मापलेल्या खस्थ पदार्थाच्या उंचीमधील चुकीची दुरुस्ति.

कोणच्याही खस्थ पदार्थाची उंची म्हणजे त्या पदार्थांतून जाणाऱ्या लंबवृत्तावर क्षितिजापासून मापिलेलें त्या पदार्थाचें अंतर होय.

खस्थ पदार्थाची **खरी उंची** म्हणजे, पृथ्वीच्या मध्यबिंदूतून पाहिली असतां त्या पदार्थाच्या मध्यबिंदूची भूमध्य–क्षितिजावर दिसणारी उंची होय. म्हणजे पाहणारा पृथ्वीच्या मध्यबिंदूशीं डोळा ठेवून उभा राहिला असतां तेथून त्यास भूमध्य–क्षितिज-

पातळीवर सूर्यचंद्रादि खस्थ पदार्थांच्या मध्यबिंदूची जी उंची दिसेल ती त्या खस्थ पदार्थाची खरी उंची होय.

खस्थ पदार्थाची दृश्य उंची म्हणजे पाहणाऱ्याच्या स्पर्श क्षितिजाच्या पातळीवर त्या पदार्थाच्या मध्यबिंदूचें लंब अंतर होय.

आपण समुद्रावर किंवा जमिनीवर खस्थ पदार्थाची जी उंची मापितों ती त्या पदार्थाचें दृश्य क्षितिजावरील मापलेलें लंबांतर होय. त्यावरून त्या पदार्थाची दृश्य उंची किंवा खरी उंची जी पाहिजे असेल ती काढण्यास खालीं सांगितलेले संस्कार (लाविले) केले पाहिजेतः—

१. दृश्य उंची काढण्यास,(१) तुरीय अगर षष्ठांश यंत्राची कोन-मापन चुकी असेल तर, (२) क्षितिजाचा कल, व (३) त्या खस्थ पदार्थास व्यास असेल तर त्याचा अर्ध व्यास, इतके संस्कार लाविले पाहिजेत.

२. खस्थ पदार्थाच्या मध्याची खरी उंची काढण्यास मापि-लेल्या उंचीस खालील संस्कार लाविले पाहिजेतः—(१) कोनमापन चुकी, (२) क्षितिजाचा कल, (३) खस्थ पदार्थाचा अर्ध व्यास* (४) किरणांचें वक्रीभवन व (५) लंबन.

कोनमापन चुकी.

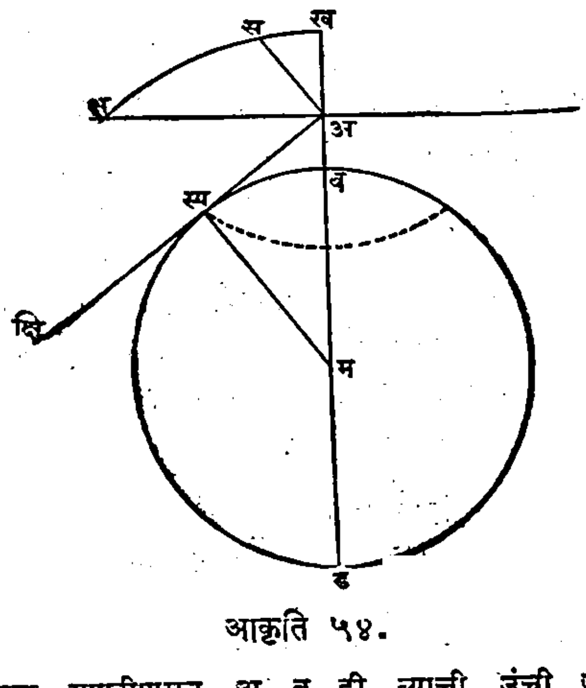
(१) सेक्स्टंटचें वर्णन करितांना कोनमापन चुकी मिळवावी केव्हां व वजा करावी केव्हां तें सांगितलें आहे.

टीप—सूर्य, चंद्र व ग्रह, यांस मात्र व्यास असतो. स्थिर ताऱ्यांस म्हणण्यासारखा मोठा व्यास असत नाहीं. ते आकाशांत तेजस्वी बिंदूप्रमाणेंच असतात.

क्षितिजाचा कल. (क्षितिजनति).

पाहणाऱ्याच्या डोळ्यापासून दृश्य क्षितिजापर्यंत एक रेघ काढिली असतां तिचा स्पर्श क्षितिजाशीं जो कोन होतो त्यास क्षितिजाचा कल असें म्हणतात.

खालच्या आकृतींत पहाणाराचा डोळा अ ठिकाणीं आहे व



आकृति ५४.

समुद्राच्या सपाटीपासून अ व ही त्याची उंची आहे; स हा सूर्य अगर एकादा तारा आहे व त्याची उंची आपणांस

मापावयाची आहे असें समजा. अ क्ष हें स्पर्श क्षितिज होय. अ मधून अ, स्प, क्षि ही पृथ्वीला स्प ठिकाणीं स्पर्श करणारी रेषा काढा. तर स्प हा दृश्य क्षितिजांतील अ पासून अति दूरचा बिंदु होईल व सेक्स्टंटनें मापिलेली स ताऱ्याची उंची स, अ, क्षि कोन ही होईल. परंतु स अ क्ष ही त्याची स्पर्श क्षितिजावरील वास्तविक उंची आहे व क्ष अ क्षि कोन म्ह० जेवढ्या कोनानें ही स ताऱ्याची उंची वाढली, तो कोन, हा क्षितिजाचा कल होय.

क्षितिजाचा कल काढण्यासः--स्प, म, ही स्पर्शबिंदूपासून पृथ्वीच्या मध्यबिंदूपर्यंत रेघ काढा. आतां क्ष, अ, क्षि + क्षि, अ, म हा काटकोन आहे, व स्प, अ, म + अ, म, स्प, हाही काटकोन आहे. या दोहोंस साधारण जो स्प, अ, म किंवा क्षि, अ, म कोन तो काढून टाकल्यास बाकीचा क्ष, अ, स्प कोन हा स्प, म, अ कोनाबरोबर आहे.

म्हणजे अ बिंदूमधून पृथ्वीच्या मध्यापर्यंत जाणारी लंब रेषा व दृश्य क्षितिजांतील स्प बिंदूपासून पृथ्वीच्या मध्यबिंदूपर्यंत जाणारी रेषा या दोहोंमध्यें पृथ्वीच्या मध्याशीं जो कोन होतो, तो दृश्य क्षितिजाच्या कलाबरोबर असतो.

आतां उ = डोळ्याची उंची = अ ब.
त्रि = पृथ्वीची त्रिज्या = म स्प = म ब. } फूट.

$क = \text{क्षितिजाचा कल} = \angle \text{क्ष अ क्षि} = \angle \text{स्प म अ}.$

म्हणून अ म स्प काटकोनत्रिकोणांत,

$$\text{स्पर्शरेषा म} = \text{स्पर्शरेषा क} = \frac{\text{अ स्प}}{\text{म स्प}},$$

व युक्लिडच्या तिसऱ्या पुस्तकाच्या ३६ व्या सिद्धांताप्रमाणें.

$$\text{अ स्प}^2 = \text{अ ब} \times \text{अ ड}.$$

$$\therefore \text{अ स्प} = \sqrt{\text{अ ब} \times \text{अ ड}} = \sqrt{\text{उ} (२ \text{ त्रि} + \text{उ})}.$$

$$\text{म्हणून स्पर्श रेषा क} = \frac{\sqrt{\text{उ} (२ \text{ त्रि} + \text{उ})}}{\text{म स्प}} = \frac{\sqrt{\text{उ} (२ \text{ त्रि} + \text{उ})}}{\text{त्रि}}.$$

$$= \frac{\sqrt{२ \text{ उ त्रि} + \text{उ}^2}}{\text{त्रि}} = \sqrt{\frac{२ \text{ उ}}{\text{त्रि}} + \frac{(\text{उ})^2}{(\text{त्रि})^2}}$$

आतां पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या मानानें डोळ्याची उंची फारच लहान आहे. म्हणून $\frac{\text{उ}}{\text{त्रि}}$ या अपूर्णांकाचा वर्ग हा अतिशय लहान होणार आहे तो गाळून टाकिला असतां

$$\text{स्पर्शरेषा क} = \sqrt{\frac{२ \text{ उ}}{\text{त्रि}}}. \text{ बरोबर आहे.}$$

व या समीकरणावरून क्षितिजाच्या कलांचीं कोष्टकें केलीं आहेत.

क्षितिजाच्या कलाचें कोष्टक.

डोळ्याची उंची फूट	क्षितिजाचा कल कल विकल	डोळ्यांची उंची फूट	क्षि० चा कल	डो० उंची	क्षि० कल
		१७	४'– २"	५०	६'–५६"
४	१'–५८"	१८	४'– ९"	६०	७'–३५
५	२'–११"	१९	४ –१६"	७०	८ –१२
६	२'–२४"	२०	४ –२३	८०	८'–४६"
७	२'–३६"	२१	४ –२९	९०	९ –१८
८	२ –४६	२२	४ –३६	१००	९ –४८
९	२'–५६"	२३	४ –४२		
१०	३'– ५"	२४	४'–४८"		
११	३'–१६"	२६	५'– ०		
१२	३'–२४"	२८	५'–११"		
१३	३ –३२	३०	५ –२२		
१४	३ –४०	३५	५ –४६		
१५	३ –४८	४०	६ –१२		
१६	३ –५३	४५	६ –३४		

व्यासार्ध.

सूर्य, चंद्र, व कांहीं मोठे ग्रह यांचीं बिंबें बरींच मोठीं असतात. तेव्हां त्यांच्या मध्यबिंदूंची क्षितिजापासून उंची काढण्यास त्यांच्या खालच्या कोरेची क्षितिजापासून उंची मापावी व त्या उंचीस त्यांचा कोनात्मक व्यासार्ध मिळवावा.

खस्थ पदार्थांचा कोनात्मक अर्ध व्यास किंवा व्यासार्ध म्हणजे पाहणाऱ्याच्या डोळ्यापासून त्या खस्थ पदार्थाच्या बिंबाच्या ति-ज्येच्या दोन टोंकांपर्यंत काढलेल्या दोन रेषांमधील डोळ्याशीं

झालेला कोन होय. हा कोन त्या खस्थ पदार्थाचें डोळ्यापासून जसजसें अंतर वाढतें तसतसा कमी होत जातो.

सूर्य व चंद्र यांचा अर्ध व्यास नाविक पंचांगांत दिलेला असतो. ग्रहांचा अर्ध व्यास म्हणण्यासारखा मोठा नसतो.

कोणचाही खस्थ पदार्थ पाहणाऱ्याच्या क्षितिजाशीं असला म्हणजे त्याचें पृथ्वीच्या मध्यापासून जें अंतर असतें तितकेंच बहुतेक पाहणाऱ्यापासून असतें. परंतु जेव्हां खस्थ पदार्थ पाहणाऱ्याच्या डोक्यावर म्हणजे खस्वस्तिकीं असतो तेव्हां त्याचें पाहणारापासून अंतर, पृथ्वीच्या मध्यापासून मापिलेल्या अंतरापेक्षां पृथ्वीच्या त्रिज्येइतकें कमी असतें, व या वेळीं त्या पदार्थाचा अर्ध व्यास फार मोठा असतो. यामुळें चंद्राच्या अर्ध व्यासांत फार फरक पडतो. सूर्याच्या अर्ध व्यासांत म्हणण्यासारखा फरक पडत नाहीं. कारण तो पृथ्वीहून चंद्रापेक्षां फार लांब आहे. असो. या दोहोंचेही अर्ध व्यास नाविक पंचांगांत प्रत्येक महिन्याच्या प्रत्येक दिवसाचे दिलेले असतात.

स्थिर ताऱ्यांना लक्ष्यांत घेण्यासारखा अर्ध व्यास नसतो.

वक्रीभवन.

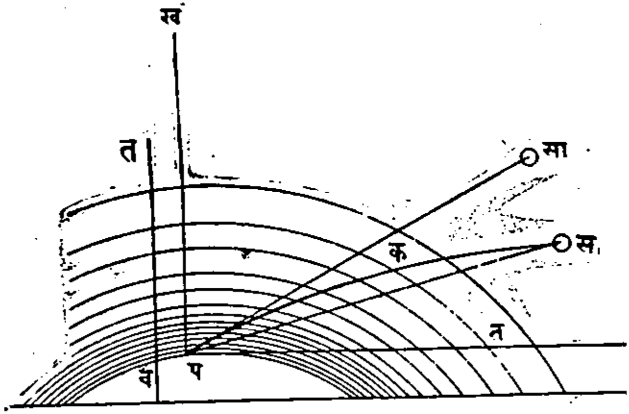
वक्रीभवनाचे सामान्य नियमः——जोंपर्यंत प्रकाशाचे किरण एकसारख्या घनतेच्या पारदर्शक द्रव्यांतून जातात तोंपर्यंत ते एकाच सरळ रेषेंत जातात. परंतु प्रकाशकिरण जेव्हां एक प्रकारच्या पारदर्शक घन द्रव्यांतून दुसऱ्या अधिक-घन किंवा विरळ

पारदर्शक द्रव्यांत त्याच्या पृष्ठभागाशीं तिरप्या दिशेनें शिरतात, तेव्हां त्या पृष्ठभागावर त्या जागीं काढलेल्या लंबाकडे ते किंचित् आकर्षिले जातात, आणि वांकडे होतात त्यास प्रकाश किरणाचें **वक्रीभवन** असें म्हणतात, म्हणजे विरल द्रव्यांतून घन द्रव्यांत तिरप्या दिशेनें शिरतांना प्रकाश किरण किंचित् वांकडे होतात त्यास त्याचें **वक्रीभवन** असें म्हणतात.

पृथ्वीचें वातावरण—पृथ्वीच्या सभोंवतीं कित्येक मैलपर्यंत वातावरण पसरलेलें आहे. त्याचे थर पृथ्वीच्या पृष्ठभागाशीं जाड असून वरती विरळ विरळ होत गेले आहेत. अगदीं वरती वातावरण इतकें विरळ झालें आहे कीं त्याचा प्रकाश किरणावर म्हणण्यासारखा परिणाम होत नाहीं. हें वातावरण पारदर्शक आहे, व त्यांत शिरतांना प्रकाशाचे किरण वातावरणाच्या निरनिराळ्या घनतेमुळें निरनिराळ्या दिशांनीं लंबाकडे आकर्षिले जातात. ही घनता पृथ्वीच्या पृष्ठभागाकडे क्रमाक्रमानें वाढत गेल्यामुळें प्रकाश किरण सदोदित विरळ थरांतून जाड थरांत शिरत असतो व त्याची दिशा क्रमाक्रमानें सारखी बदलत जाऊन वातावरणाच्या पृष्ठभागापासून पृथ्वीच्या पृष्ठभागापर्यंत त्याचा मार्गही एक कंसाकृति वक्ररेषा बनते.

या किरणाची शेवटची दिशा म्हणजे तो डोळ्यांत शिरतांना तेथें त्याच्या गोल मार्गास (कंसास) स्पर्श करणारी जी सरळ रेषा निघते ती होय. आतां ही शेवटची दिशा व वातावरणांत शिरण्याच्या पूर्वींची त्या किरणाची दिशा यांच्यामधील कोनास वक्रीभवन म्हणावें.

खालच्या आकृतींत व त हें वातावरणाचे थर आहेत, स क



आकृति ५५.

हा किरण स, सूर्यापासून निघून स क या तिरप्या दिशेनें क ठिकाणीं वातावरणांत शिरला आहे व तो क प या वक्ररेषेंत वक्रीभवन पावून प ठिकाणीं पहाणाऱ्याच्या डोळ्यांत शिरला आहे असें समजा. तर पाहणारास स, सूर्य प क गोल रेघेस (कंसास) प ठिकाणीं स्पर्श करणाऱ्या प सा रेघेंत, सा ठिकाणीं आहे असें दिसेल. व प सा आणि क स या दोन दिशांत जो कोन होतो तें त्या क स किरणाचें वक्रीभवन होय.

जर प ख सा ही पहाणाऱ्याच्या खस्वस्तिकांतून जाणारी लंब पातळी आहे व तिजमध्यें प सा ह्या स्पर्शरेघेची दिशा येत आहे तर, दर्शनानुशासनाच्या नियमाप्रमाणें, प क कंस व क स पतन किरणाची वक्रीभवनाचे पूर्वीची दिशा, हीं सर्व प ख सा स, ह्या

वक्रीभवनाचें कोष्टक.

उंची ° ′	वक्रीभवन ′ ″	उंची ° ′	वक्रीभवन ′ ″	उंची ° ′	वक्रीभवन ′ ″
०°–०′	३३′–०″	९°·३०′	५′-३१″	२१°-०′	२′-२७″
० –५′	३२–१०	१०–०	५–१५	२१–३०	२–२४
०°–१०′	३१′-२२″	१०–३०	५–०°	२२–०	२–२०
० –२०	२९–५०	११–०	४–४७	२२–३०	२–१७
० –३०	२८–२३	११–३०	४–३४	२३–०	२–१४
० -४०′	२७–०°	१२–०	४–२३	२३–३०	२–११
१°–०	२४′-२७″	१२–३०	४–१३	२४–०	२–०८
१°–३०′	२१′-१५″	१३–०	४–०३	२४–३०	२–०५
२ ०	१८′–३.५	१३–३०	३–५४	२५–०	२–०२
२ –३०	१६′-२४″	१४–०	३–४५	२५–३०	१–५९
३ –०	१४ –३६	१४–३०	३–३८	२६–०	१–५६
३ –३०	१३ –०६	१५–०	३–३०	२६–३०	१–५४
४ –०	११′–५१″	१५–३०	३–२४	२७–०	१–५१
४′–३०	१० –४८	१६–०	३–१७	२७–३०	१–४९
५ –०	९ –५४	१६–३०	३–१०	२८–०	१–४७
५°–३०′	९ –०८	१७–०	३–०४	२८–३०	१–४५
६ –०	८′–२८″	१७–३०	२–५९	२९–०	१–४२
६ –३०	७°–५१	१८–०	२–५४	२९–३०	१–४०
७ –०	७ –२०	१८–३०	२–४९	३०–०	१–३८
७ –३०	६ –५३	१९–०	२–४४	३०–३०	१–३७
८ –०	६ –२९	१९–३०	२–४०	३१–०	१–३५
८ –३०	६ –०८	२०–०	२–३५	३१–३०	१–३३
९ –०	५ –४८	२०–३०	२–३१	३२–०	१–३१

वक्रीभवनाचें कोष्टक. (चालू)

उंची ° '	वक्रीभवन ' "	उंची ° '	वक्रीभवन ' "	उंची ° '	वक्रीभवन ' "
३२°-३०	१'-३०"	४८°-०"	०'-५१"	७१°-०'	०'-१९"
३३-०	१-२८	४९-०	०-४९	७२-०	०-१८
३३-३०	१-२६	५०-०	०-४८	७३-०	०-१७
३४-०	१-२४	५१-०	०-४६	७४-०	०-१६
३४-३०	१-२३	५२-०	०-४४	७५-०	०-१५
३५-०	१-२१	५३ ०	०-४३	७६-०	०-१५
३५-३०	१-२०	५४-०	०-४१	७७-०	०-१३
३६-०	१-१८	५५-०	०-४०	७८ ०	०-१२
३६-३०	१-१७	५६-०	०-३८	७९-०	०-११
३७-०	१-१६	५७-०	०-३७	८०-०	०-१०
३७-३०	१-१४	५८-०	०-३५	८१-०	०-९
३८-०	१-१३	५९-०	०-३४	८२-०	०-८
३८-३०	१-११	६०-०	०-३३"	८३-०	०-७
३९-०	१-१०	६१-०	०-३२	८४-०	०-६
३९-३०	१-९	६२-०	०-३०	८५-०	०-५
४०°-०'	१'-८	६३-०	०-२९	८६-०	०-४
४१-०	१'-५"	६४-०	०-२८	८७-०	०-३"
४२-०	१'-३"	६५-०	०-२६	८-०	०'-२"
४३-०	१'-१"	६६-०	०-२५	८९-०	०'-१"
४४-०	०-५९	६७-०	०-२४	९०°-०	०'-०"
४५-०	०-५७	६८-०	०-२३		
४६-०	०-५५	६९ ०	०-२२		
४७-०	०-५३	७०-०	०-२१		

एकाच लंब पातळींमध्यें असलीं पाहिजेत. म्हणून वक्रीभवनानें खस्थ पदार्थांची फक्त उंची वाढते त्याची दिशा बदलत नाहीं, हें उघड आहे.

खस्वस्तिकापाशीं किरणाचें वक्रीभवन मुळींच होत नाहीं. जसजशी खस्थ पदार्थांची उंची कमी कमी होत जाते तसतसें त्याचें किरणाचें वक्रीभवन वाढतें. कारण, खस्थ पदार्थ क्षितिजाजवळ जवळ जसजसा जातो तसतसे त्याचें किरण वातावरणांत अधिक तिरप्या दिशेनें शिरतात. क्षितिजाशीं असणाऱ्या खस्थ पदार्थांच्या किरणांचें वक्रीभवन सर्वांत फार म्हणजे सुमारें ३४ कला होतें.

क्षितिजापासून किती उंचीवर किती वक्रीभवन होतें हें काढणें फार कठीण आहे. तरी नाविक कोष्टकामध्यें फार शोध करून काढिलेलीं वक्रीभवनाचीं कोष्टकें दिलेलीं असतात. त्यावरून वक्रीभवनाचा कोन पाहून तो मापिलेल्या उंचीमध्यें वजा करावा.

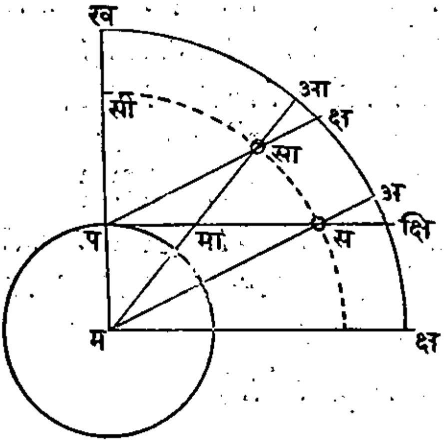
(कोष्टक बाजूला पहावें.)

लंबन.

लंबन—कोणचाही खस्थ पदार्थ दोन निरनिराळ्या ठिकाणांहून एकाच वेळीं पाहिला असतां त्याच्या दर्शन रेषांत जो कोन होतो त्यास **लंबन** असें म्हणावें. **नाविक ज्योतिषांत** कोणचाही खस्थ पदार्थ पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून पाहिला असतां व त्याच वेळीं पृथ्वीच्या मध्यबिंदूंतून पाहिला असतां त्या दोन ठिकाणांहून काढिलेल्या दर्शन रेषांत जो कोन होतो त्यास **भूमध्य-लंबन** असें म्हणावें. नाविक पंचांगांत प्रत्येक दिवशीं सूर्य, चंद्रादि खस्थ

पदार्थ भूमध्यांतून पाहिले असतां ते कोठें दिसतील ती त्यांची स्थिति दिलेली असते. म्हणून पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून पाहणारासही ते पदार्थ पृथ्वीच्या मध्यांतून पाहिले असतां ते कोठें दिसतील हें काढावें लागतें, म्हणून त्यास **भूमध्यलंबनाचा** उपयोग करावा लागतो.

बाजूच्या आकृतीमध्यें प ह्या ठिकाणीं पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर पहाणारा उभा आहे व त्या ठिकाणामधून जाणारे प स क्षि हें स्पर्शक्षितिज आहे व त्यास समांतर असें भूमध्यांतून जाणारे म क्ष हें भूमध्यक्षितिज आहे व सा हा एक खस्थ पदार्थ आहे. ज्याची उंची आपण मापिली आहे असें समजा. तर त्या उंचीस कोनमापन



आकृति ५६.

चुकी क्षितिजाचा कल, अर्ध व्यास आणि वक्रीभवन हे संस्कार लाविले असतां त्या खस्थ पदार्थाची स्पर्श क्षितिजावरील उंची सा प क्षि या कोनानें दाखविली जाईल. ही उंची म्हणजे त्या खस्थ पदार्थाच्या मध्याची स्पर्शक्षितिज प, स, क्षि या वरील उंची होय. परंतु भूगर्भातून भूमध्य क्षितिजावर त्या खस्थ पदार्थाची उंची सा, म क्ष या कोनानें दाखविली जाईल. आतां म या भूमध्यांतून सा-पर्यंत काढिलेली रेषा मा बिंदूंत स्पर्शक्षितिजास मिळते असें समजा.

तर सा मा स कोन = सा म क्ष कोन, कारण प मा स क्षि रेषा म क्ष, शीं समांतर आहे. प मा सा त्रिकोनाचा पाया प मा, सपर्यंत वाढविला आहे; तेव्हां ∠ सा मा स = ∠ सा प मा + ∠ प, सा, मा, किंवा ∠ सा, म, क्ष = ∠ सा प क्षि + ∠ प, सा, म.

∴ ∠ सा म क्ष − ∠ सा, प, क्षि = ∠ प सा म हें लंबन होय.

म्हणजे कोणत्याही खस्थ पदार्थाच्या मध्यबिंदूपासून पृथ्वीवरील पाहणाऱ्याच्या ठिकाणच्या पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या दोन टोंकांपर्यंत काढिलेल्या दोन रेषांमध्यें त्या खस्थ पदार्थाच्या मध्याशीं जो कोन होतो त्यास लंबन असें म्हणावें. व स्पर्शक्षितिजावरील दृश्य उंचीत लंबन मिळविलें असतां भूमध्यांतून पहिले उंची येते.

वरील आकृतीवरून आणखी असें कळून येईल कीं लंबन क्षितिजाशीं सर्वांत अधिक असतें व खस्वस्तिकीं शून्य होतें. कारण, स, सा, सी हा एक खस्थ पदार्थ आकाशांत एका लंबवृत्तांत निरनिराळ्या उंचीवर येत आहे असें समजा व त्याचें अंतर पृथ्वीपासून सारखेंच आहे असें समजा. तर तो स ह्या ठिकाणीं स्पर्शक्षितिजाशीं असतांना त्याची स्थिति प ठिकाणच्या मनुष्यास क्षि ठिकाणीं दिसेल; परंतु पृथ्वीच्या म मध्यांतून पाहिलें तर त्याची खरी स्थिति अ ठिकाणीं दिसेल. पृथ्वीची पाहणाऱ्याच्या पायाखालची त्रिज्या स्पर्शक्षितिजाशीं काटकोन करिते, व त्या ठिकाणीं म्हणजे स्पर्शक्षितिजाशीं खस्थ पदार्थ असतां त्याचें लंबन

सर्वांत अधिक असतें. त्यास क्षितिजसमांतर लंबन असें म्हणावें. (हें नाविक पंचांगांत दिलेलें असतें व त्यावरून दुसऱ्या स्थितींतील लंबन काढावें लागतें.) तोच खस्थ पदार्थ सा ठिकाणीं आला असतां प ठिकाणच्या मनुष्यास त्याची स्थिति क्षा ठिकाणीं दिसेल; व त्याची खरी स्थिति म, पृथ्वीच्या मध्यांतून पाहिली असतां आ ठिकाणीं दिसेल. पृथ्वीच्या मध्यापासून सारखेंच अंतर असतां सा ठिकाणचा कोन स ठिकाणच्या कोनापेक्षां लहान आहे व सी ठिकाणीं म्हणजे खस्वस्तिकीं लंबन शून्य असतें हें आकृतीवरून उघड होतें.

चंद्र, सूर्य आणि तारे यांच्या लंबनाचीं निरनिराळीं कोष्टकें नाविक कोष्टकांत दिलेलीं असतात. चंद्राच्या लंबनास पुष्कळ संस्कार द्यावे लागतात. सूर्याच्या लंबनाचा वरचेवर उपयोग होण्यासारखा आहे म्हणून त्याचें कोष्टक खालीं देऊं.

सूर्याच्या क्षितिजापासून निरनिराळ्या उंचीवरील लंबनाचें कोष्टक.

सूर्याची उंची	लंबन विकला.
०° अंश	९″
६°	९″
१२°	९″
१६°	८″
२०°	८″
२५°	८″
३०°	८″

सूर्याची उंची	लंबन विकला.
३४°	७″
३६°	७″
४०°	७″
४५°	६″
४८	६″
५१	५″
५४	५″
५७	५″
६०	४″
६३	४″
६६°	३″
६९	३″
७२°	३″
७५°	२″
७८″	२″
८१	१″
८४	१″
८७	०
९०	०

खस्वस्तिकांतर.

वर सांगितल्याप्रमाणें खस्थ पदार्थांच्या समुद्राचे क्षितिजावर मापलेल्या दृश्य उंचीस, क्रमानें १ कोनमापन चुकी, (असेल ती) २

क्षितिजाचा कल, (डोळ्यांच्या उंचीप्रमाणें येईल तो), ३ खस्थ पदार्थाच्या बिंबाचा व्यासार्ध, ४ वक्रीभवन व ५ लंबन हे पांच संस्कार लावावे म्हणजे त्या खस्थ पदार्थाची भूमध्य-क्षितिजावर **खरी उंची निघेल. व ती ९०° तून वजा केली असतां त्या खस्थ पदार्थाचें खस्वस्तिकांतर निघेल.**

पाहणारा जर त्या खस्थ पदार्थाच्या उत्तरेस असेल तर त्या पदार्थाचें उत्तर खस्वस्तिकांतर जाणावें व तो दक्षिणेस असेल तर त्याचें दक्षिण खस्वस्तिकांतर जाणावें.

आतां **सूर्याची खरी उंची व खरें खस्वस्तिकांतर** काढण्यास हरकत पडणार नाहीं.

नाविक ज्योतिष.

विभाग ४.

रेखांश.

पृथ्वीवरील कोणत्याही स्थळाचे **रेखांश** म्हणजे पहिलें मध्यान्हवृत्त व त्या स्थळामधून जाणारें मध्यान्हवृत्त यांच्यामधील **भूमध्यवृत्ताचा कंस** होय; किंवा त्या दोन मध्यान्हवृत्तांमधील **ध्रुवाशीं झालेला कोन** होय.

ग्रीनीचमधून जाणारें मध्यान्हवृत्त तें **पहिलें मध्यान्हवृत्त** समजावें.

कोणत्याही खस्थ पदार्थाचा **तास-कोन** म्हणजे पाहणाऱ्याच्या ठिकाणचें मध्यान्हवृत्त व त्या खस्थ पदार्थामधून जाणारें याम्योत्तरवृत्त यांच्यामधील आकाशांतील **ध्रुवाशीं झालेला कोन होय.** पाहणाऱ्याच्या ठिकाणामधून जाणारें मध्यान्हवृत्त, व त्या खस्थ पदार्थाच्या मध्यांतून जाणारें याम्योत्तरवृत्त, यांच्यामध्यें **विषुवचक्राचा जो कंस** त्यानें मापितात. आतां आकाशांतील विषुववृत्त व याम्योत्तर हीं एकमेकांस दोन बिंदूंत छेदितात. त्यापैकीं कोणच्या बिंदूपासून व कोणच्या दिशेनें **तास-कोन** मोजावा हें नक्की करणें जरूर आहे. ज्योतिषी लोक हा **तास-कोन**, विषुववृत्ताचा, क्षितिजावरील-मध्यान्हवृत्तावर जो बिंदु असतो, त्यापासून पश्चिमेकडे मोजतात. तो शून्य अंशापासून ३६० अंशापर्यंत मोजितात; किंवा शून्य तासापासून २४ तासांपर्यंत मोजितात व प्रत्येक तासाबरोबर १५ अंश धरतात.

समुद्रावर गलबताचे रेखांश काढण्याकरितां, कोणत्याही स्वस्थ ज्योतीची उंची सेक्स्टंटनें मापून त्यावरून त्या स्वस्थ ज्योतीचा तासकोन काढितात, व त्या तासकोनावरून गलबताचा निजकाल (स्थानिक काल) काढितात; व ती स्थानिक वेळ व क्रनामिटर वरून काढिलेली ग्रीनिचची वेळ यांच्यामधील अंतर पाहून गलबताचे रेखांश नक्की करितात.

याप्रमाणें रेखांश म्हणजे गलबताची स्थानिक वेळ व ग्रीनिचची वेळ यांच्यामधील अंतर होय. ग्रीनिचची वेळ क्रनामेटरवरून कळते. त्या क्रनामेटरचा रोजचा मंद किंवा जलद जाण्याचा वेग मात्र माहीत असला पाहिजे व तें दुसऱ्या अगदीं बरोबर असलेल्या क्रनामेटरशीं ताडून पाहिल्या वेळीं किती पुढें किंवा मागें होतें तेंही बरोबर माहीत असलें पाहिजे.

निजकाल काढण्याकरितां तासकोन काढण्यास सूर्य अगर एकादा ठळक तारा याची उंची पहावी लागते; त्या वेळीं तो मुख्य लंबवृत्ताजवळ म्हणजे पूर्व पश्चिमबिंदूंमधून जाणाऱ्या लंबवृत्ताजवळ असावा व त्या वेळीं तो क्षितिजापासून सुमारें ३० ते ५० अंशांच्या उंचीवर असावा. कारण तो मुख्य लंबवृत्तावर असला म्हणजे त्याची उंच चढण्याची गति फार जलद व सारखी असते, व क्षितिजापासून सुमारें ३० अंश उंचीवर असला म्हणजे त्याच्या उंचींत वक्रीभवनानें फार मोठी चुकी होत नाहीं.

सूर्य अगर एकाद्या ठळक ताऱ्याच्या उंचीवरून तासकोन करण्याची रीति किंवा सरणी नंबर (१)

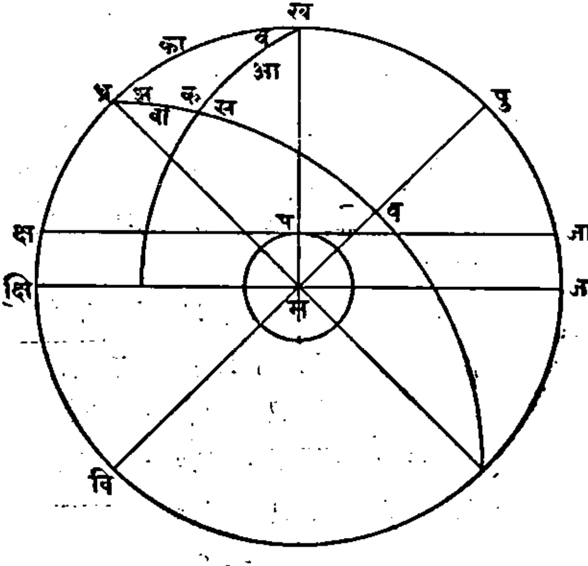
(१) ही सरणी काढतांना गोललिकोन मितींतील एका सिद्धांताचा उपयोग करावा लागतो. तो हा कीं, गोलावरील

त्रिकोनांत त्रिकोनाच्या बाजूच्या भुजज्या, त्या बाजूसमोरील कोनाच्या भुजज्येच्या प्रमाणांत असतात.

टीपः—येथें हें लक्ष्यांत ठेविलें पाहिजे कीं गोलावरील त्रिकोनाच्या बाजूही, गोलाच्या मध्यबिंदूशीं त्या प्रत्येक बाजूचीं दोन टोंकें सांधणाऱ्या दोन रेषांमध्यें जो कोन होतो, त्या कोनांनीं दाखविल्या जातात. ह्या त्रिकोनास **गोलावरील त्रिकोन** किंवा **ज्योतिषत्रिकोन** म्हणावें. हा त्रिकोन गोलाच्या मध्यांतून जाणाऱ्या तीन मोठ्या वर्तुलांच्या कंसांनीं झालेला असतो.

तासकोन काढण्यास आकाश गोलावरील त्रिकोन घेतात तो असाः—

खालच्या आकृतींत म हा आकाश गोलाचा व भूगोलाचा



आकृति ५७.

(पृथ्वीचा) मध्य आहे, ध्र हा उत्तर ध्रुव आहे. प हें पाहणाराचें ठिकाण, क्षि ज हें भूमध्यक्षितिज व क्ष जा स्पर्शक्षितिज, वि व षु हें विषुववृत्त, ख हें पाहणाराचें खस्वस्तिक, स हा सूर्य किंवा एक ठळक तारा आहे. ध्र स व हें त्या ताऱ्यामधून जाणारें याम्योत्तर आहे व, ध्र ख षू हें पाहणाऱ्याच्या खस्वस्तिकांतून जाणारें मध्यान्हवृत्त आहे असें समजा. तर स ध्र ख कोन हा तासकोन होय. आतां स ध्र ख ह्या आकाश गोलावरील त्रिकोणाच्या तिन्ही बाजू आपणांस माहीत आहेत. कारण स ख हे स चे खस्वस्तिकांतर = ९० − सची उंची; ख ध्र हे प ठिकाणचे को-अक्षांश = ९० − अक्षांश; आणि ध्र स हें सचें उत्तरध्रुवांतर = ९० ± क्रांति; क्रांति दक्षिण असेल तर +, व उत्तर असेल तर − चिन्ह घ्यावें.

ख ध्र स ह्या गोलत्रिकोनाचे कोन, ब, अ, क ह्या अक्षरांनीं दाखविले व त्याच्या समोरील बाजू बा, आ, का ह्या अक्षरांनीं दाखविल्या व त्या सर्व बाजूंची अर्ध बेरीज स ह्या अक्षरानें दाखविली, तर गोलत्रिकोन मितींतील एका सिद्धांताप्रमाणें त्या बाजू व कोन ह्यांमध्यें खालील प्रमाण असतेः—

$$\text{भुजज्या}^2 \frac{\text{अ}}{२} = \frac{\text{भुजज्या (स − बा)} \times \text{भुजज्या (स − का)}}{\text{भुजज्या बा} \times \text{भुजज्या-का.}}$$

यांत आ = स ख = खस्वस्तिकांतर = ९० − सची उंची;

का = ख ध्र = को-अक्षांश = ९० − अक्षांश.

बा = स ध्र = उत्तरध्रुवांतर = ९० − उत्तरक्रांति, किंवा

= ९० + दक्षिणक्रांति.

$$\text{स} = \frac{\text{आ} + \text{बा} + \text{का.}}{\text{२}}$$

आतां पहाणाराच्या खस्वस्तिकांतून जाणारें याम्योत्तर (मध्यान्ह-वृत्त) व ताऱ्यामधून जाणारें याम्योत्तरवृत्त यांच्यामध्यें ध्रुवाशीं जो कोन होतो तो **तासकोन** होय. म्हणून वरील सरणीचें रूपांतर करून ती,

$$\text{भुजज्या}^{2}\frac{\text{अ}}{\text{२}} = \text{छेदनरेषा (अक्षांश) छेदनरेषा (क्रांति)}$$

$$\times\ \text{भुजज्या}\frac{[(\text{ख. कांतर} + (\text{अक्षांश} \pm \text{क्रांति})]}{\text{२}}$$

$$\times\ \text{भुजज्या}\frac{[\text{ख. कांतर}^{2} - (\text{अक्षांश} \pm \text{क्रांति})]}{\text{२}}$$

अशी अक्षांश, क्रांति, व खस्वस्तिकांतर या माहीत असलेल्या मापांचा उपयोग करून लिहितां येतें.

यांत अक्ष = अक्षांश; क्रा = क्रांति; खस्व = खस्वस्तिकांतर अशीं अक्षरें लिहिल्यास ही सरणी, (१)

$$(१)\ \text{भुजज्या}^{2}\frac{\text{अ}}{\text{२}} = \text{छेदनरेषा (अक्ष) छेदनरेषा (क्रां)} \times$$

$$\times\ [\ \text{भुजज्या खस्व} + (\text{अ क्ष} \pm \text{क्रां})\ ]$$

$$\times\ [\ \text{भुजज्या खस्व} + (\text{अ क्ष} \pm \text{क्रां})\ ]$$

अशी संक्षेपानें लिहितां येईल व ध्यानांत धरण्यासही ठीक पडेल. अक्षांश व क्रांति सजातीय असल्यास क्रांतीमागें – चिन्ह व विजातीय असल्यास धन चिन्ह घ्यावें.

विशेष स्पष्टीकरणः—

$$\text{भुजज्या}^2 \frac{\text{अ}}{२} = \frac{\text{भुजज्या (स-बा) भुजज्या (स–का)}}{\text{भुजज्या (बा)} \times \text{भुजज्या (का)}}$$

$$\text{स} - \text{बा} = \frac{\text{आ} + \text{बा} + \text{का} - २\,\text{बा}}{२} = \frac{\text{आ} + \text{का} - \text{बा}}{२}$$

$$= \frac{९० - \text{उंची} + ९० - \text{अक्षांश} - (९० \mp \text{क्रांति})}{२}$$

$$= \frac{\text{खस्वस्तिकांतर} + ९^\circ - \text{अक्षांश} - ९^\circ \pm \text{क्रांति.}}{२}$$

$$= \frac{\text{खस्व} - (\text{अक्षांश} \pm \text{क्रांति}).}{२}$$

$$\text{स} - \text{का} = \frac{\text{आ} + \text{बा} + \text{का} - २\,\text{का}}{२} = \frac{\text{आ} + \text{बा} - \text{का}}{२}$$

$$= \frac{९० - \text{उंची} + ९^\circ \pm \text{क्रांति} - ९^\circ + \text{अक्षांश.}}{२}$$

$$= \frac{\text{खस्व} + (\text{अक्षांश} \pm \text{क्रांति}).}{२}$$

$$\text{तसेंच} = \frac{१}{\text{भुजज्या बा}} = \frac{१}{\text{भुज}(९० \pm \text{क्रांति})} = \frac{१}{\text{को-भुजज्या(क्रांति)}} =$$

$$= \text{छेदनरेषा (क्रांति.)}$$

$$\frac{१}{\text{भुजज्या का}} = \frac{१}{\text{भुजज्या}(९०–\text{अक्ष})} = \frac{१}{\text{को-भुजज्या (अक्षांश)}}$$

$$= \text{छेदनरेषा अक्षांश.}$$

व अ कोन म्हणजे ध्रुवाजवळील तासकोन आतां वरील सरणींत या किंमती ठेवल्या तर त्या सरणीचें रूपांतर

$$\text{भुजज्या}^2 \frac{\text{अ}}{२} = \text{छेदनरेषा अक्षांश} \times \text{छेदनरेषा क्रांति} \times$$

$$\text{भुजज्या} \left\{ \frac{\text{खस्व} + (\text{अक्षांश} \pm \text{क्रांति})}{२} \right\}$$

$$\times \text{भुजज्या} \left\{ \frac{\text{खस्व} - (\text{अक्षां} \pm \text{क्रांति.})}{२} \right\}$$

असें होतें.

या सरणीचा उपयोग लागर्थमाच्या रीतीनें खालीं लिहिल्याप्रमाणें करावाः—पाहणाऱ्याच्या स्थलाच्या (१) अक्षांशाखालीं सूर्याची (२) क्रांति लिहावी (दोन्ही सजातीय म्ह० उत्तर उत्तर अथवा दक्षिण दक्षिण असल्यास त्या दोहोंची वजाबाकी करावी, परंतु विजातीय म्हणजे एक दक्षिण व दुसरें उत्तर असें असल्यास त्यांची बेरीज करावी.) ही बेरीज अगर वजाबाकी जी येईल, तिचे खालीं सूर्याचें खस्वस्तिकांतर लिहावें व त्या दोन रकमांची बेरीज व वजाबाकी करावी आणि अर्धबेरीज व अर्धवजाबाकी ही काढावी. नंतर खालील लागर्थमिक रकमांची बेरीज घ्यावीः—

(१) अक्षांशाच्या छेदनरेषेचें लागर्थम (घातांक).

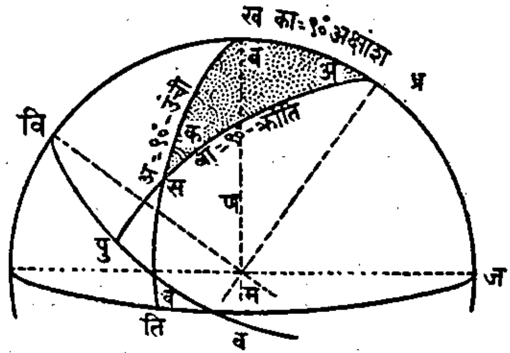
(२) क्रांतीच्या छेदनरेषेचें लागर्थम (घातांक).

(३) अर्धबेरजेच्या भुजज्येचें लागर्थम (घातांक).

(४) अर्धवजाबाकीच्या भुजज्येचें लागर्थम (घातांक).

या चार लागर्थमांची बेरीज येईल त्यांतून दशक वजा करून येईल तें तासकोनाचें लागर्थम होय. तें नाविक कोष्टकांतून पाहून त्याजवरून तासकोन काढावा. हें तासकोनाचें कोष्टक नाविक कोष्टकांत निराळेंच दिलेलें असतें. सूर्याच्या तासकोनानें काढिलेला काल तो गलबताचा स्थानिक दृश्य काल होय. त्यास काल समिकरण लावून (म्हणजे मिळवून अगर वजा करून), गलबतावरील मध्यम सौर काल काढितां येतो. व क्रनामेटरनें ग्रीनिचचा मध्यम काल समजतो. या दोन मध्यम कालांतील अंतर तें होरात्मक रेखांश होत.

तासकोन काढण्याची दुसरी सरणीः—नंबर (२)



आकृति ५८.

ज्योतिष त्रिकोनः—ध्र ख स अंतरकोन अ, ब क; यांच्या समोरील बाजू आ, बा, का.

आ=९०°–उंची; बा=९०°–क्रांति, का=९०°–अक्षांश. स ख=अ= तासकोन.

$$\text{भुजज्या}^2\left(\frac{\text{अ}}{२}\right) = \text{छेदनरेषा (अक्षां) को-छेदनरेषा (ध्रुवांतर)} \times \text{को-भुजज्या (अर्ध बेरीज). भुजज्या अंतर.}$$

$$\text{येथें अर्धबेरीज} = \frac{\text{सूर्याची खरी उंची + ध्रुवांतर + अक्षांश.}}{२}$$

अंतर = ही अर्ध बेरीज − सूर्याची खरी उंची.

या सरणीचा लागर्थमानें उपयोगः—

(१) वेध घेते वेळेची सूर्याच्या मध्यबिंदूची खरी उंची,

(२) त्याचें ध्रुवांतर (३) व त्या स्थळाचे अक्षांश हीं एकाखालीं एक लिहावीं, व त्याची बेरीज घ्यावी व तिचे खालीं त्या बेरजेचे अर्ध मांडावे. व त्याचे खालीं ती अर्धबेरीज व सूर्य-बिंबाचे मध्याची खरी उंची यांची वजाबाकी किंवा अंतर लिहावें.

नंतर (१) ध्रुवांतराच्या को-छेदन रेषेचा घातांक

(२) वेध स्थळाच्या अक्षांशाच्या छेदनरेषेचा घातांक.

(३) अर्धबेरजेच्या को-भुजज्येचा घातांक.

(४)अंतराच्या भुजज्येचा घातांक.

यांची बेरीज घ्यावी व त्यांतून दशक वजा करून येईल तो तासकोनाचा घातांक होय. त्यावरून कोष्टकांतून तासकोन काढावा.

१ सूर्याची अगर ठळक ताऱ्याची क्रांति नाविकपंचांगांत दिलेली असते. ती दररोजची क्रांति असते, ती पहावी.

२ क्रान्ति व अक्षांश हीं दोन्ही सजातीय म्हणजे उत्तर उत्तर अथवा दक्षिण दक्षिण असतील तर क्रांति ९० तून वजा करावी, व विजातीय असतील तर म्हणजे एक दक्षिण तर दुसरें उत्तर

असें असेल तर ९० त क्रांति मिळवावी म्हणजे उत्तर ध्रुवांतर निघेल.

३ खरी उंची काढण्यास सेक्स्टंटनें पाहिलेल्या उंचीस, कोन-मापन चुकी, क्षितिजाचा कल, अर्धव्यास वक्रीभवन व लंबन इतके संस्कार द्यावे व येईल ती खरी उंची होय.

४ खरी उंची ९० तून वजा केली म्हणजे खस्वस्तिकांतर येईल.

५ गलबतावरील दृश्य निजकाल किंवा स्थानिक काल काढण्यास तासकोन सकाळीं पाहिला असल्यास तो २४ तासांतून वजा करावा व बाकी पुढें व्यावहारिक तारखेपेक्षां एक दिवस मागची तारीख लिहावी. म्हणजे ज्योतिष सौर दिवसाची वेळ येईल. जर उंची दोनप्रहरानंतर मापून तासकोन काढिला असेल तर व्यावहारिक तारखेपुढें तासकोनाचे कलाक लिहावे म्हणजे तो निजकाल होईल.

६ गलबतावरील मध्यम सौर काल काढण्यासः—गलबतावरील मध्यम दृश्यकालाखालीं त्या दिवसाचें समीकरण नाविकपंचांगांतून काढून त्यांत सांगितल्याप्रमाणें मिळवावें अगर वजा करावें म्हणजे मध्यम सारकाल निघेल.

७ रेखांश काढण्यासः—गलबतावरील मध्यम सौरकालाखालीं क्रनामिटरवरून काढिलेली ग्रीनिचची वेळ लिहावी व दोहोंची वजाबाकी करावी. मोठ्यांतून लहान संख्या वजा करावी. बाकी राहील त्याचे अंश कला-विकला कराव्या. एक तासाचे १५ अंश धरावे.

(१) गलबताच्या मध्यम सौरकालापेक्षां जर ग्रीनिचचा मध्यम सौरकाल कमी असेल तर रेखांश पूर्व समजावें.

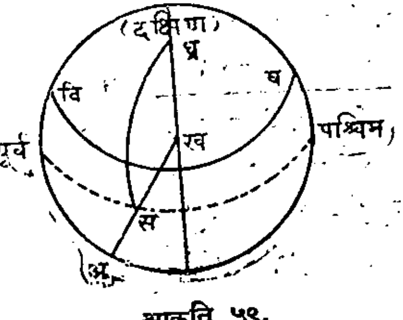
(२) गलबताच्या मध्यम सौर कालापेक्षां ग्रीनिचचा मध्यम सौर काल अधिक असेल तर रेखांश पश्चिम समजावें.

काल म्हणजे त्यांत तारीख व तास मिनिटें वगैरेंचा समावेश होतो.

उदाहरण.

सन १८८४ च्या आगस्टच्या ४ थे तारखेस दक्षिण अक्षांश ३६° – ५४′ – ०″ वरील एका गलबतावर सकाळचे वेळीं क्रनामिटरमध्यें तारीख ४ रोजीं ६ वाजून ४२ मि. ४८ सेकंद झाले असतां सूर्याच्या खालच्या कोरेची क्षितिजापासून उंची २८° – २३′ – ५०″ विकला इतकी सेक्स्टंटनें पाहिली होती. सेक्स्टंटची कोनमापन चुकी ०– १′ – १५″ इतकी मिळवावयाची होती. पाहणाऱ्याच्या डोळ्याची उंची २६ फूट होती. क्रनामिटर ग्रीनिचच्या मध्यम कालापेक्षां ८ मि. व ५८ सेकंद इतकें पुढें होतें. सूर्याची खरी क्रांति उत्तरेकडे १७°-०′-२२″ होती. खरें काल समीकरण ५ मि. ४६·८ सेकंड इतके दृश्य वेळेस मिळवावयाचें होतें. त्यावरून सूर्याची उंची मापतेवेळीं गलबताचे रेखांश किती होते तें काढा.

बाजूची आकृति ही क्षितिजाच्या, आकाश गोलापर्यंत वाढविलेल्या, पातळीवर काढिलेली याम्योत्तरवृत्त व विषुववृत्ताची आकृति आहे असें समजा. तर ख हें पाहणाराचें खस्वस्तिक होय. ध्र हा दक्षिण ध्रुव हा अक्षांशाइतका क्षितिजाच्या वर दिसत आहे. विष हें विषुववृत्त पूर्व पश्चिम



आकृति ५९.

बिंदूतून जात आहे, व स मधून जाणारी बिंदुरेषा ही स सूर्याची क्रांति दाखविणारें समांतरवृत्त आहे. स ध्र ख तासकोन मध्यान्ह वृत्ताच्या पूर्वेकडील आहे. अ स सूर्याची खरी उंची व, स ख खस्वस्तिकांतर होय. आतां वरील उदाहरणाप्रमाणें.

	ता०	ता. मि. से.
क्रनामिटरवरून वेळ	४	—६–४२–४८
क्रनामिटर जलद वजा	—	—०– ८–५८
खरा ग्रीनिच मध्यमकाल.	४	—६–३३–५०
सूर्याची उत्तर क्रांति		१७°– ०–२२″
अधिक (अक्षां. द०)		९०–०–०″
ध्रुवांतर		१०७°–०–२२
मापिलेली सूर्याची उंची		२८°–२३′–५०″
कोनमापन चुकी अधिक +		०–१′–१५″
		२८°–२५′–५″
क्षितिज-नति (२६ फूट उंचीची)		०–५′–०
		२८–२०′–५″
वक्रीभवन (२८°-२३′-५०″चे)–		१′–४६″
		२८°–१८′–१९″
लंबन +		०–०–८″
		२८°–१८′–२७″
सूर्याचा अर्धव्यास +		०–१५–४९″

∴ (आगस्ट ता. ४ रोजीं) सूर्याच्या मध्य बिंदूची खरी उंची } २८°–३४′– १६″ —(१)

ध्रुवांतर .... १०७°– ०′– २२″ —(२)

अक्षांश ३६°–५४′– ०″

बेरीज १७२°–२८′– ३८″

अर्धबेरीज ८६°–१४′– १९″

आतां दुसऱ्या सरणीचा उपयोग करून तासकोन काढण्यास

सूर्याच्या मध्यबिंदूची

खरी उंची	२८°–३४′–१६″		घातांक
ध्रुवांतर	१०७ – ० –२२″	को छेदनरेषेचा=	०·०१९४१८
अक्षांश	३६°–५४ – ०	छेदनरेषेचा घातांक	०·०९७०८१
तिर्हींची बेरीज	१७२–२८ –३८		
अर्धबेरीज	८६–१४–१९	च्या को भुजज्येचा घा	८·८१६९१४
खरी उंची वजा	२८–३४–१६		
अंतर	५७°–४०′– ३″	च्या भुजज्येचा घा.	९·९२६४३५
घातांकाची (लागर्थमची) बेरीज		(–१०)=	८·८६०२४८

या आंकावरून कोष्टक नं. ३१ मधून काढिलेला तासकोन

	ता.	मि.	से.
हा पूर्वेकडील कोन आहे,	= २	– ४	–५६·८
व आपणास पश्चिमेकडील कोन	२४	– ०	– ०
	ता.	मि.	से.
पाहिजे, म्हणून हा २४ तून वजा करा.	२१	–५५	– ३·२
व त्यांत तास समीकरण मिळवा		– ५	– ४६·८
व तारीख १ दिवस मागील लिहा म्हणजे	क.	मि.	से.
तारीख ३	–२२	– ०	– ५०

ही गलबतावरील मध्यम सौरवेळ आली.

ग्रीनिचची मध्यम सौरवेळ तारीख ४ – ६ – ३३ – ५०

क. मि. से.
८ – ३३ – ०

अंतर हे होरात्मक रेखांश होत.

म्हणजे १२८° – १५′ – ०″ पश्चिम रेखांश. कारण ग्रीनिचची वेळ पुढें आहे म्हणून ग्रीनिचचें मध्यान्हवृत्त गलबताचे पुर्वेकडे असलें पाहिजे म्हणजे गलबत ग्रीनिचचे पश्चिमेकडे आहे म्हणून त्याचे १२८°–१५′–० हे पश्चिम रेखांश आले.

रेखांश काढण्याच्या दुसऱ्या रीतिः—

क्रनामिटरनें दाखविलेल्या ग्रीनिचच्या वेळेशीं गलबतावरील वेळेची तुलना करून त्या वेळांमधील अंतरावरून गलबताचे रेखांश काढण्याची रीति सांगितली. परंतु क्रनामिटरचा मंद किंवा जलद चालण्याचा वेग तें एके ठिकाणीं असतांना जो असतो तोच त्याचें ———स्थलांतर होतांना कायम रहात नाहीं, बदलतो; त्यामुळें क्रनामिटरनें दाखविलेल्या वेळेंत चुकी होईल. तर त्या वेळेवरून काढिलेले रेखांशही चुकीचे येतील. म्हणून रेखांश काढण्यास दुसऱ्या कांहीं रीतींचा उपयोग करितात.

(१) गुरूच्या उपग्रहावरून.

क्रनामिटरनें दाखविलेल्या ग्रीनिचच्या वेळेवरून रेखांश काढण्याच्या रीतीचा विचार केला असतां आपणास कळून येईल कीं,

पृथ्वीवरील निरनिराळे ठिकाणीं एकाच वेळीं एक तेजाची चमक, किंवा दुसरा कांहीं आकाशांतील चमत्कार, एकदम दिसेल, व तो चमत्कार झाल्यावेळीं निरनिराळ्या ठिकाणची स्थानिक वेळ लिहून ठेविली तर त्या स्थानिक वेळांमधील अंतर तें त्या स्थळांमधील होरात्मक (तासांनीं दाखविलेलें) रेखांशांतर होईल. गुरूच्या उपग्रहांचीं ग्रहणें हीं मात्र पृथ्वीवरील पुष्कळ ठिकाणावरून एकदम दिसतात. ह्या ग्रहणाची लागण्याची व सुटण्याची ग्रीनिचची वेळ नाविकपंचांगांत दिलेली असते. तीं ग्रहणें लागण्याची व सुटण्याची स्थानिक वेळ पाहून तिची व नाविकपंचांगांत दिलेल्या ग्रीनिचच्या वेळेची तुलना केली असतां, त्यांमधील अंतर तें त्या स्थळाचे रेखांश होईल. या रीतीनें रेखांश काढितां येतात, परंतु गुरूचे उपग्रह व त्यांचीं ग्रहणें पाहण्यास फार मोठी दुर्बीण लागते तीं नुसत्या डोळ्यांनीं दिसत नाहींत व गलबतावर मोठी दुर्बीण राखीत नाहींत. म्हणून ही रीति गलबताचे रेखांश काढण्याच्या उपयोगीं नाहीं.

(२) चंद्राच्या अंतरावरून:—

नुसत्या डोळ्यांनीं दिसणारा व आपणास अति जवळ असा खस्थ पदार्थ म्हटला म्हणजे पृथ्वीचा उपग्रह चंद्र हा होय. त्याचा व्यास सुमारें २,१६० मैल आहे व त्याचें पृथ्वीपासून अंतर सुमारें २,३७,७०० मैल आहे. चंद्र पृथ्वीभोंवतीं फिरत फिरत सूर्याभोंवतीं फिरतो. नक्षत्रांतून त्याची एक प्रदक्षिणा सुमारें २७$\frac{१}{३}$ (वास्तविक २७ दि. ७ तास ४३ मि. ११·४ से.) दिवसांत होते. पृथ्वी स्थिर असती तर इतक्याच कालांत चंद्राची पृथ्वी-

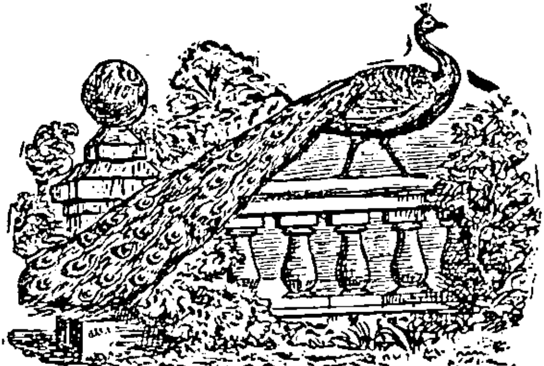
प्रदक्षणा झाली असती. परंतु इतक्या कालांत पृथ्वी थोडीशी पुढें जाते म्हणून चंद्राच्या पृथ्वी-प्रदक्षिणेस सुमारें २९½ (वास्तविक, २९ दि. १२ ता. ४४ मि. २७ से.) दिवस लागतात.

चंद्रादिकांच्या मार्गांतल्या ज्या ठळक तारा त्यास नक्षत्रें म्हणतात. नाविकपंचांगांत चंद्राच्या मध्यबिंदूचें, कोनात्मक अंतर, ठळक ठळक नऊ नक्षत्रांपासून, सूर्याच्या मध्यबिंदूपासून, व नुसत्या डोळ्यांनीं दिसणाऱ्या चार ग्रहांच्या मध्यबिंदूपासून दिलेलें असतें. हीं अंतरें क्षणोक्षणीं बदलतात. नाविकपंचांगांत ग्रीनिचच्या वेळांत दररोजचीं तीन तीन तासांचीं अंतरें दिलेलीं असतात. ज्या ज्या नक्षत्रांच्या व ग्रहांच्या जवळ चंद्र असतो त्या त्या नक्षत्रांपासून व ग्रहांपासून चंद्राच्या मध्याबिंदूचीं हीं अंतरें दिलेलीं असतात व तीं चंद्राच्या पूर्वेस मापिलेलीं आहेत किंवा पश्चिमेस मापिलेलीं आहेत तेंही दिलेलें असतें. प्रत्येक महिन्याच्या प्रत्येक तारखेस दिसणारीं सर्व कोनात्मक अंतरें एके ठिकाणीं त्या तारखेखालीं दर तीन तीन तासांनीं ग्रीनिचच्या वेळेंत दिलेलीं असतात. हीं अंतरें पृथ्वीच्या मध्यबिंदूंतून पाहिलीं असतां किती येतील तीं नाविकपंचांगांत ग्रीनिचच्या वेळेंत दिलेलीं असतात. म्हणून पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील पाहणारानें, कोणत्याही स्थानिक वेळीं सेक्स्टंटनें मापिलेल्या अंतरास कोन मापनचक्री, पाहिलेल्या पदार्थांचे अर्धव्यास, वक्रीभवन, व लंबन इत्यादि संस्कार देऊन तीं पृथ्वीच्या मध्यांतून त्या स्थानिक वेळीं पाहिलीं असतां कशीं दिसतील तें काढावें; व निरनिराळ्या खस्थ पदार्थांपासून तशीं चंद्राच्या मध्यबिंदूचीं अंतरें असतांना ग्रीनिचची वेळ काय आली तें नाविकपंचांगावरून

काढावें. या दोन्ही वेळांत जी तफावत आली तें त्या ठिकाणचें होरात्मक (तासांनीं दाखविलेले) रेखांश होत. त्याचे अंश कला करून येतील ते खरे रेखांश होत.

आतां ग्रीनिचची वेळ जर त्या स्थानिक वेळेच्या पुढें असेल तर ग्रीनिच त्या स्थळाच्या पूर्वेस आहे, म्हणजे तें स्थळ ग्रीनिचच्या पश्चिमेस आहे, म्हणून त्याचे रेखांश येतील ते पश्चिम रेखांश होत. व ग्रीनिचची वेळ स्थानिक वेळेच्या मागें असेल तर त्या स्थळाचे पूर्व रेखांश येतील.

असो. चंद्राच्या नक्षत्रांतील स्थितीवरून गलबताचे रेखांश काढण्याच्या रीतीचें वर दिग्दर्शन केलें आहे, त्यावरून ज्योतिषशास्त्राचा व्यवहारांत कसा उपयोग करून घेतात तें कळेल. विस्तारभयास्तव येथें विशेष वर्णन व उदाहरणें दिलीं नाहींत.



परिशिष्ट अ.

हिंदी महासागरावरील मुख्य मुख्य बंदरें, भूशिरें, शहरें, वगैरेंचे अक्षांश व रेखांश.

ग्रीनीचच्या मध्यान्हवृत्तापासून पूर्व किंवा पश्चिम रेखांश दिले आहेत.

ठिकाणांचीं नांवें.	अक्षांश दक्षिण.	रेखांश पूर्व.
केप ऑफ गुडहोपपासून केपडेलगाडोपर्यंत.	° ′	° ′
केप टाऊन आब्झरव्हेटरी............	३३–५६	१८–२९
केप ऑफ गुडहोपची दिवादांडी	३४–२१	१८–३०
पॉइंट डेन्जर............................	३४–४१	१९–२२
केप ऑग्युल्हासची दिवादांडी............	३४–५०	२०– १
केप सेंट ब्लेझची दिवादांडी............	३४–११	२२– ९
प्लेटेन्बर्ग बे, सील केप.	३४– ५	२३–२२
मोसेल बे..................................	३४– ०	२२–२०
केप सेंट फ्रॅन्सीस........................	३४–१०	२४–५३
पोर्ट इलिझाबेथ........................	३४– ०	२५–४०
आलगोआ बेची दिवादांडी............	३४– १	२५–४२
बर्ड आयलँदची दिवादांडी............	३३–५०	२६–१७
ईस्ट लंदनची दिवादांडी..............	३३– ०	२७°–५९′
पोर्ट सेंट जॉन..........................	३१–३७	२९°–२८

ठिकाणांचीं नांवें.	अक्षांश दक्षिण.	रेखांश पूर्व.
	° ′	° ′
पोर्ट नाताल.	२९–५३	३१– ३
डर्बन.	२९–४०	३०–४०
डेला गोआ बे.	२५–५८	३३– २
केप कोरेएन्टस्.	२४– ७	३५–३१
सोफाला.	२०–११	३४–४६
झांबेजी नदी पर्ल अयलँड	१८–५३	३६–१२
क्लिमेन.	१८– १	३७– १
पोर्ट मोझांबिक.	१५– ३	४०–४८
केप डेलगाडो.	१०–४१	४०–४०
मादा गास्कर व त्याजवळील बेटें.		
केप अंबर.	११–५७	४९–१९
सेंट मेरी आयलंड.	१६–४०	५०– ४
माबुरु शहर.	१९–५५	४८–५२
टामटेव.	१८°–०′	४९°–०′
फोर्ट डॉफिन.	२५– १	४७– २
केप सेंट मेरी	२५–३९	४५– ७
सेंट आगुस्तीन, सँडी बेट.	२३–३८	४३–३८
केप सेंटव्हिन्सेन्ट.	२१–५४	४३–२०
केप सेंट अँड्रू.	१६–११	४४–३१
केप सॅन सॅबॅस्टीन.	१२–२६	४८–४६

ठिकाणांचीं नांवें.	अक्षांश दक्षिण.	रेखांश पूर्व.
	° ′	° ′
मयोट्टा.....................	१२–४७	४५–२१
सेंट लाझारू. (वाळूचा ढीग.)........	१२–१०	४१–२३
बुर्बोन आयलंद.....................		
सेंट डेनिसची दिवादांडी..............	२०–५१	५५°-३०′
आफ्रिकेचा पूर्वकिनारा केप डेलगाडोपासून.		
केप डेलगाडो.....................	१०–४१	४०–४०
क्लिओआचा किल्ला	८°–५७′	३९–३४
मोंफिआ बेट.....................	७–३९	३९–५८
झांझिबार बेट दक्षिण टोंक...........	६–२८	३९–३३
पेंबा बेट	५–२९	३९–४२
मोंबासा.....................	४	३९–३०
पोर्ट मेलिंदा.....................	३–१३	४०–११
	अ० उ०	
मेगाडोक्सा शहर..................	२ –२	४५–२५
रास अल खैल.....................	७–४४	४९–४६
रास हफून	१०–२७	५१–२२
केप ग्वार्ज फुई.....................	११–५१	५१–१६
सोकोत्रा बेट पूर्व टोंक..............	१२–३४	५४–३१
अबदल कुरी.....................	१२–११	५२–२२

ठिकाणांचीं नांवें.	अक्षांश उत्तर.	रेखांश पूर्व.
	° ′	° ′
मुशा बेट.	११–४३	४३–१३
तांबडा समुद्र.		
पेरीम बेटाची दिवादांडी	१२–४०	४३–२४
मशोवा.	१५–३६	३९–२९
डेडालूझ वाळूचे ढीग. दिवादांडी.	२४–५६	३५–५१
झाफराना पाइंटची दिवादांडी	२९– ७	३२–४०
सुएझ.	२९–५६	३२–३३
एनबु.	२४– ५	३८– ३
जिदा.	२१–२८	३९–११
मोखा.	१३–२०	४३–१२
केप बाबेल मांडेब.	१२–४०	४३–२६
अरबस्थानचा किनारा.		
एडनची दिवादांडी.	१२–४५	४५– ३
रास फुर्ताक.	१५–३८	५२–१४
मर्बत.	१६–५९	५४–३९
कुरिया मुरिया बेट.	१७–३३	५६– ३
रास मादरक बेट.	१९– ०	५७–४९
मसीरा बेट.	२०–१०	५८–३७
रास अलहद.	२२–३३	५९–४८
मस्कत.	२३–३८	५८–३१

ठिकाणांचीं नांवें.	अक्षांश उत्तर.	रेखांश पूर्व.
	° ′	° ′
सहर.	२४–२२	५६–४५
रास (केप) शेख मेसाद.	२६–१६	५६–१४
शरज.	२५–२१	५५–२४
अल कातिफ फोर्ट.	२६–१३	५०– .१
अल–कॉवेट.	२९–२३	४७–५९
बसरा (कास्टम हाऊस.)	३०–३२	४७–५१
अबु शेहेर.	२८–२९	५०–५०
शहा आलम वाळूचे ढीग.	२६–२५	५२–३०
लिंघे.	२५–३३	५४–५४
बंदर अबास.	२७–१०	५६–१७
बलुचिस्तानचा किनारा.		
रास जस्क.	२५–५०	५७–४३
चार्बर टाऊन.	२५–१९	६०–३६
ग्वेटर (खेडें).	२५–१०	६१–२५
केप नाओ.	२५– ५	६२–२०
सोन मियानी.	२५–२७	६६–३१
हिंदुस्थानचा पश्चिम किनारा.		
केप मॉंझ (रासमुरी.)	२४–५१	६६–३५
मनोराची दिवादांडी.	२४–४७	६६–५७
कराची.	२४–५१	६६–५८

ठिकाणांचीं नांवें.	अक्षांश उत्तर.	रेखांश पूर्व.
	° ′	° ′
सिंधुनदी केडीवरी मुख.	२४– २	६७–२१
कोरीची खाडी. (लखपत)	२३–४१	६८–३०
मांडवीची दिवादांडी	२२–५०	६९–२१
लुशिंग्टन शोल. (वाळूचे ढीग.)	२२–३७	६८–४७
नवा नगर. (जामनगर)	२२–३३	७०– २
द्वारका.	२२–१४	६८–५७
पोरबंदर.	२१–३८	६९–३५
दिवबेट.	२०–४१	७०–५०
जाफराबाद.	२०–५१	७१–२३
गोपनाथ पॉइंट.	२१–१२	७२– ६
पेरीम बेटची दिवादांडी.	२१–३५	७२–२०
खंबायत.	२२–१७	७२–३५
सुरत.	२१–११	७२–४९
दमण	२०–२४	७२–४९
तेरापूर.	१९–५१	७२–५०
मुंबई कुलाबाची दिवादांडी.	१८–५४	७२–८
मुंबई किल्ला.	१८–५६	७२–५
केनेरी बेटाची दिवादांडी.	१८–४२	७२–′
राजापूर किल्ला.	१८–१८	७२–
बाणकोट किल्ला.	१७–५८	७२– २

ठिकाणांचीं नांवें.	अक्षांश उत्तर.	रेखांश पूर्व.
	° '	° '
रत्नागिरी दिवादांडी	१७– ०	७३–१६
विजयदुर्ग. (गेरिककिल्ला)	१६–३३	७३–१९
वेंगुर्लें बंर्न्ट आयलंडची दिवादांडी	१५–५३	७३–२७
गोवें	१५–२९	७३°४६'
सदाशिवगड दिवादांडी	१४–४९	७४– ३
कुमठें येथील दिवादांडी	१४–२५	७४–२३
कुंदापूर	१३–३७	७४–४०
मंगलोरची दिवादांडी	१२–५२	७४–५०
काननूरची दिवादांडी	११–५१	७५–२१
तेलीचरीची दिवादांडी	११–४५	७५–२९
कलीकटची दिवादांडी	११–१५	७५–४६
पोनावी	१०–४८	७५–५३
कोची अथवा कोची दिवादांडी	९–५८	७६–१४
क्विलन	८–५३	७६–३५
त्रिवेंद्रम आब्झरवेटरी	८–३१	७६–५७
केप कुमारिका	८– ५	७७–३२
लखदिव बेटें.		
४ सेसोस्ट्रीचा किनारा	१३–१०	७१–५७
चर्बेनियानी रीफ	१२–१७	७१–५३
बैरामगोर रीफ	११–५८	७१–४७

ठिकाणांचीं नांवें.	अक्षांश उत्तर.	रेखांश पूर्व.
	° ′	° ′
क्लिटण	११–२८	७२–५९
आकटा	१०–५१	७२–५१
पिटीची भाट. दक्षिण टोंक.	१०–४४	७२–३१
अँड्रू	१०–४७	७३–४०
कँवर्टी	१०–३२	७२–३८
सुहिलीपर बेट	१०– ६	७२–१५
कालपेनी	१०– ३	७३–३५
मिनीकाय	८–१५	७३– ०
मालदीव बेटें.		
टिलाडूमटी. अटोल	६–५९	७३–१२
मालकम् अटोल	६–२५	७२–४१
मिलाडू माडो अटोल	५–५१	७३–२७
सिलोन बेट.		
मानार शहर	८–५९	७९–५३
कालपेंटिन	८–१४	७९–४५
कोलंबोची दिवादांडी	६–५६	७९–५१
पाइंटदिगालची दिवादांडी	६– १०	८०–१३
दंदर हेड	५°-५५′	८०–३४
ग्रेड बॅसीसची दिवादांडी	६–१०	८१°–२८′
त्रिंकोमाली	८–३२	८१–१९

ठिकाणांचीं नांवें.	अक्षांश उत्तर.	रेखांश पूर्व.
	° '	° '
पॉइंट पेड्रो कास्टमहाऊस..................	९–५१	८१–१५
हिंदुस्थानचा पूर्व किनारा.........	......	
तुतिकोरिनची दिवादांडी..................	८–४७	७८–११
पांबेनची दिवादांडी..................	९–१८	७९–१३
भूशीर कालमीर..................	१०–१७	७९–५१
पांदिचरीची दिवादांडी..................	११–५६	७९–५०
मद्रास, आब्झरवेटरी..................	१३– ४	८०–१४
पन्नारनदीचें मुख..................	१४–३७	८०–११
भूशीर दिवीची दिवादांडी..................	१५–५९	८१–१०
मच्छलीपट्टण..................	१६– ०	८१–१५
कोरिंगा..................	१६–४९	८२–१८
विशाखपट्टण..................	१७–४३	८३–१७
गंजम..................	१९–२२	८५– ४
जगन्नाथपुरी..................	१९–४९	८५–४९
बलेसर नदीचें मुख..................	२१–२८	८७– ७
हुगळीनदी सागरची दिवादांडी..................	२१–३८	८८– १
कलत्ता फोर्ट विल्यम..................	२२–३३	८८–२०
चितगांग..................	२१–१४	९१–५०
कुतुबदेह बेटाची दिवादांडी..................	२१–५३	९१–५०
सावज बेटाची दिवादांडी..................	२०– ५	९२–५४

ठिकाणांचीं नांवें.	अक्षांश उत्तर.	रेखांश पूर्व.
	° '	° '
चेडुबाबेट..................................	१८–५१	९३–३१
फौल बेट....................................	१८– ३	९४– ८
ग्वा मुख....................................	१७–३९	९४–३९
भूशीर निग्रे................................	१६– २	९४–१३
बसीन नदी (पोर्ट दलहौसी.)................	१६– १	९४–२३
कृष्णा नदी (वाळूचे ढीग.).................	१५–४४	९५– ४
रंगून नदी. एलिफट पॉइंट......................	१६–३०	९६–२३
मुलमेन नदी अम्हर्स्ट पॉइंट......................	१६– ५	९७–३५
तवाइ पॉइंट..................................	१३–३२	९८–१२
मरगुई......................................	१२–२७	९८–३५
तेनासरीम..................................	१२– ६	९९– ३
सेंट माथ्युआयलंद............................	१०– ५	९८–१०
सलांग बेट दक्षिणटोंक.........................	७–४६	९८–१८

नौकानयनः–शुद्धिपत्र.

पृष्ठ.	ओळ.	अशुद्ध.	शुद्ध.
३ प्रस्तावना	२	नॉटि-	नॉटिकल
२ ,,	२०	Azimulh	Azimuth
३ ,,	५	पाटली फळी	फळी पाटली
,, ,,	८	Suppliment	Supplement
,, ,,	१७	Suversedsine	Subversedsine
४ ,,	२३	Aezimuth	Azimuth
१०	१६	$१^{०}_{०}$	१०
,,	१७	$१०^{१}$	$१०^{१}$
,,	१८	$१•^{-२}_{-३}$	$१०^{२}$
,,	१९	१•	$१०^{३}$
१२	शेवटची	वर	व
१६	१६	४८२६	४८९६
२४	१४	अंतरावर	अंतरास
२८	१	१०००	१००
३२	शेवटची	१९९	१२९
१०८	५	$४\bar{\bar{५}}$	$४५^{०}$

पृष्ठ.	ओळ.	अशुद्ध.	शुद्ध.
,,	७ व ११	२$\overset{=}{०}$	२$^{\circ}$
,,	१२	२$\overset{=}{५}$	२५
१०९	१०	एका क्षणांत	लागलीच
११९	१०	अस	असें
१२०	शेवटची	सोडलेल्य	सोडलेल्या
१२२	१२	दोराच	दोरीचे
१२३	१९	$\frac{\text{ड}=\frac{३}{५}\text{ अं} \times \text{लां}}{\text{व}}$	ड=$\frac{३}{५}$ $\frac{\text{अ} \times \text{लां}}{\text{वे}}$
,,	१९	$D = \frac{३\, d\, l}{५\, t}$	$\frac{D = ३\, d\, l}{5\, t}$
१२५	९	ड=$\frac{३}{५}$ × $\frac{\text{अ}\times\text{ला}}{\text{व}}$	ड=$\frac{३}{५}$ × $\frac{\text{अ}\times\text{ला}}{\text{वे}}$
१४८	१४	मैलाचें	मैलांत
१५७	३	थांडक्यांत	थोडक्यांत
१५७	६	५०–१२′–१८″	५०°–१२′-१८″उत्तर
१५७	११	वेरीज ÷ २२	बेरीज ÷ २
१५७	१४	३९°–११′–२१″	३९°–११′–११″
१५७	१६	मध्यां–	मध्याक्षां-
१८८	११	एके	एका
१९९	शेवटची	धइ,अख,व धई,आत,	ध, इ, अ, ख व ध, ई, आ, त

पृष्ठ.	ओळ.	अशुद्ध.	शुद्ध.
२००	१	आणि ई	अ आणि ई
”	१२	समक्ष	म, क्ष,
”	शेवटची	दान	दोन
२१८	१०	चौरस	लंब चौरस
२३०	३	६०२	६०
२३१	१४	अ, अ	अ
”	१५	व (व) (घ) हा	व घ हा
२४६	८	ब अ	ब क
”	१९	उत्तरांतील	उत्तरांतरांतील
२४९	२५	$२६\frac{१}{२}५८०$	$२३\frac{१}{२}५८०$
२५९	११	—	व चौथ्या तासांत आणखी $\frac{४}{१६}$ म्हणजे आणखी ४ फूट पाणी चढतें.
”	”	$\frac{६}{१६}$	$\frac{३}{१६}$
”	१३	$\frac{१}{१३}$	$\frac{१}{१६}$
”	२ आकृती	५	६
२६०	३	$\frac{१}{१६}$	$\frac{३}{१६}$
”	१३	११′–९″	११′–३″
२६३	९	सांगूं !	सांगूं.

पृष्ठ	ओळ	अशुद्ध	शुद्ध.
२६७	८	Cirelee	Circle
२६९	१५	परस्पेटिव्ह	परस्पेक्टिव्ह
,,	१६	ह्य	व्ह्यू
,,	,,	Perspecive	Perspective
२७६	१०	वर्तुलाचा	वर्तुलाच्या
३१०	१	सोरवेळ	सौरवेळ

आरोग्य आणि व्यायाम

अथवा

औषधावांचून निरोगी कसें राहावें ?

मराठी वाङ्मयांत आरोग्य व व्यायामासंबंधीं शास्त्रीय माहितीनें ओतप्रोत भरलेलें हें पहिलेंच पुस्तक होय. अनेक पाश्चात्य प्रागतिक भिषग्वर्यांच्या अनुभवानें व शोधांचें या पुस्तकांत एकीकरण केलेलें आहे. या पुस्तकांत आरोग्याच्या व व्यायामाच्या मूलतत्त्वांसंबंधीं माहिती सर्व बाजूनें अगदीं पूर्ण आहे. ज्या नैसर्गिक उपचारांपासून हजारों लोकांना आरोग्य प्राप्त झालें आहे असेच उपचार व व्यायाम या पुस्तकांत दिले आहेत.—छपाई अत्यंत सुंदर. सुंदर कागदावर सुंदर छपाई, पुस्तकाची बांधणी अत्यंत मनोहर. लायब्ररींत व बुकसेल्फमध्यें ठेवण्यास अत्यंत शोभादायक १०—१२ अत्यंत सुंदर रंगित अशा व्यायामासंबंधीं व शरीरशास्त्रासंबंधीं आकृति. अशा आकृतींनीं भरलेलें हृदयंगम असें वाङ्मयांत हें पहिलेंच पुस्तक होय. पुस्तकाचीं पानें सुमारें २७५ असून पुस्तकास कागद अँन्टीक वापरला आहे. किं. रु. १॥८.

डंबेलचें पुस्तक.

यांत एकंदर चोवीस प्रकारच्या निरनिराळ्या आकृति डंबेलच्या साहाय्यानें व्यायाम करण्याकरतां दिलेल्या आहेत. प्रत्येक आकृतीखालीं व्यायाम करतांना कोणत्या अवयवावर जास्त जोर दिला पाहिजे व कोणता अवयव ढिला सोडला पाहिजे, वगैरे सूचना एका विद्वान् डॉक्टराकडून मुद्दाम लिहविल्या आहेत. किंमत आठ आणे ८२.

वरीलशिवाय डंबेल-चार्ट भिंतीवर टांगण्यासारखे विक्रीस तयार आहेत. किंमत ८२. साधारण कागद, किं. ८१.